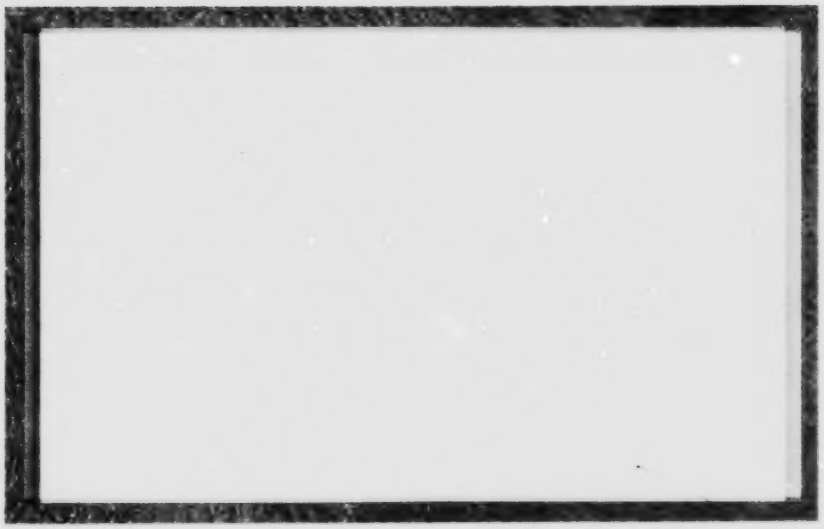
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL



CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

MÉMOIRE D'ÉTUDIANT

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUEBEC H3C 3J7

LE PROBLÈME DU CHOIX DE LA SÉQUENCE DE CLASSIFICATION DES TRAINS DANS UNE GARE DE TRIAGE

par

André Saintonge

Mémoire de maîtrise, département d'informatique et de recherche opérationnelle, dirigé par Jean-Marc Rousseau

Cette étude a été publiée grâce à une subvention du fonds F.C.A.R. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal
Centre de recherche sur les transports - Publication #431
Octobre 1985

Dépôt légal - 1er trimestre 1987

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ILLUSTRATIONS. iv

SOMMAIRE vi

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - Description du problème 4

1.1 Contexte. 4

1.2 Processus du transport des marchandises par chemin de fer. 5

1.3 Aperçu des opérations dans une gare de triage . . . 6

1.4 Processus de classification 7
1.4.1 Réception et inspection 7
1.4.2 La classification 8
1.4.3 Formation des trains. 8
1.4.4 Inspection et départ. 8

1.5 Le travail du directeur de la gare. 9

CHAPITRE II - Les modèles du problème de la construction d'une séquence de classification. 13

2.1 Les modèles proposés. 13

2.2 La stratégie proposée 20

CHAPITRE III - Le modèle 25

3.1 Les facteurs influant sur la performance d'une gare. 25

3.2 Les hypothèses du modèle proposé. 27

3.3 Le modèle mathématique. 29
3.3.1 Le contexte 29
3.3.2 Les variables 30
3.3.3 La fonction économique. 31
3.3.4 Les contraintes 32

CHAPITRE IV - Un algorithme de construction d'une séquence de classification. 35

4.1 Description générale de l'algorithme. 35

4.2 Enumération restreinte des séquences de classification. 37

4.3 Le filtrage des trains à classifier 39
4.3.1 Identification des prochains départs. 39
4.3.2 Le calcul du facteur d'attraction 40
4.3.3 La sélection des candidats à la classification. 43

4.4 Évaluation d'une séquence de classification 44
4.4.1 Le parachèvement d'une séquence de classification. 44
4.4.2 L'évaluation du coût d'une séquence 46

4.5 Modification de l'horaire des trains en partance 47
4.5.1 Vérification des correspondances. 47
4.5.2 Mesure de l'impact de l'affectation sur l'horaire 47
4.5.3 Le calcul des délais. 51

CHAPITRE V - Les résultats 53

5.1 Les données utilisées 53

5.2 Choix de la meilleure stratégie 55
5.2.1 Les paramètres à fixer. 56
5.2.2 Le prochain train à classifier. 59
5.2.3 La meilleure séquence de classification pour une période de travail de six heures . . 64
5.2.4 La meilleure séquence pour une journée complète de travail 69
5.3 Comparaison avec des stratégies simples 73

5.4 Comparaison sur une journée complète de travail . . 75
5.4.1 Les hypothèses. 75
5.4.2 Description de la solution trouvée par TRAIN 76
5.4.3 Description de la journée d'opération du CN . 78
5.4.4 Comparaison des deux solutions. 79

5.5 Étude comparative avec le modèle HSS. 80
5.5.1 Description de la gare. 80
5.5.2 Les hypothèses des deux approches 82
5.5.3 Le calcul du coût d'une séquence. 83
5.5.4 Comparaison des solutions 83

CONCLUSION 88

ANNEXE A - Le programme TRAIN. 90

ANNEXE B - Exemple de modification de l'horaire des trains en partance 96

ANNEXE C - Les paramètres du programme TRAIN 100

ANNEXE D - Le programme TRAIN. 109

ANNEXE E - Horaire de départ initial 140

ANNEXE F - Solution du programme TRAIN 142

ANNEXE G - Modification de l'horaire des trains en partance lors de la classification de huit trains. 163

REMERCIEMENTS. 171

RÉFÉRENCES 172

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1.1 : Le processus de classification dans une gare de triage. 10

Figure 1.2 : Schéma d'une gare de triage 10

Figure 4.1 : Algorithme de construction d'une séquence de classification 36

Figure 4.2 : Arbre d'une énumération restreinte. 38

Figure 4.3 : Le processus de filtrage des trains 39

Tableau 5.1 : Horaire de départ des trains. 54

Tableau 5.2 : Comparaison entre différentes stratégies pour le choix du prochain train à classifier au temps TEMB. . 60

Tableau 5.3 : Comparaison sur le paramètre STW pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes. . 62

Tableau 5.4 : Comparaison sur le paramètre TDEP pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes. . 63

Tableau 5.5 : Comparaison sur le paramètre HORD pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes. . 63

Tableau 5.6 : Coût moyen de la meilleure séquence pour une période de travail de six heures. 64

Tableau 5.7 : Comparaison pour identifier le meilleur premier choix d'une période de travail de six heures en ne considérant que les trains disponibles avant 206600 . 66

Tableau 5.8 : Comparaison du travail nécessaire pour construire une séquence avec différentes valeurs de DURE pour une période de travail de six heures 67

Tableau 5.9 : Nombre de branches examinées pour des stratégies avec POURCEN et STW variables 68

Tableau 5.10 : Comparaison du travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de travail de six heures selon différentes stratégies. 69

Tableau 5.11 : Comparaison sur le travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de vingt-quatre heures pour différentes valeurs de HORD et EPS. 70

Tableau 5.12 : Comparaison sur le travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de travail de vingt-quatre heures pour différentes valeurs de EPS et PORTION. 71

Tableau 5.13 : Comparaison entre différentes stratégies pour construire une séquence de classification pour une période de vingt-quatre heures. 72

Tableau 5.14 : Comparaison entre différentes stratégies sur trois journées de travail 73

Tableau 5.15 : Comparaison avec des stratégies simples sur la durée du séjour des wagons dans la gare pour une période de travail de vingt-quatre heures 74

Tableau 5.16 : Bornes sur la durée du séjour des wagons dans la gare suite à une période de travail de vingt-quatre heures 78

Tableau 5.17 : Mesure de la performance de la gare de triage avec la solution du CN pour une période de travail de vingt-quatre heures. 79

Tableau 5.18 : Informations sur les trains dans le faisceau d'arrivée au temps 1440 81

Tableau 5.19 : Informations sur les trains en partance 81

Tableau 5.20 : Séquence de classification avec la stratégie FIFO . . 85

Tableau 5.21 : Séquence de classification avec la stratégie du surintendant de la gare. 85

Tableau 5.22 : Séquence de classification avec la stratégie du modèle HSS. 86

Tableau 5.23 : Séquence de classification avec la stratégie TRAIN. . 86

Tableau 5.24 : Calcul des coûts des solutions des différentes stratégies. 87

Tableau 5.25 : Variation de la part des coûts correspondants aux départs autorisés selon les différentes stratégies. 87

Tableau 5.26 : Tableau synthèse de la durée du séjour des wagons dans la gare selon les stratégies. 87

Tableau G.1 : Meilleure séquence trouvée par le modèle TRAIN. . . . 164

SOMMAIRE

Ce mémoire porte sur le problème de la gestion des trains de marchandise dans les gares de triage des compagnies de chemin de fer. Il s'agit de planifier les opérations de la gare de façon à minimiser la durée du séjour des wagons dans la gare.

Notre approche pour résoudre ce problème est basée sur l'estimation que les deux facteurs déterminants, pour réduire la durée du séjour des wagons dans la gare, sont la séquence de classification (l'ordre dans lequel nous traiterons les trains arrivant en gare) et l'horaire de départ des trains. Nous avons développé un modèle mathématique correspondant à cette approche ainsi qu'un algorithme heuristique basé sur une énumération restreinte des solutions pour résoudre le problème de la détermination de la meilleure combinaison séquence de classification et horaire de départ des trains de façon à minimiser la durée du séjour des wagons.

Nous décrivons en détail l'algorithme utilisé et nous avons fait des tests pour proposer une bonne stratégie. Nous avons finalement fait une étude comparative de notre approche avec celles existantes. Nous avons constaté par cette étude que notre approche permettait une amélioration significative de la performance d'une gare de triage.

INTRODUCTION

Il arrive dans une grande gare de triage, comme celle de Taschereau à Montréal (une gare du Canadien National), plus de 2000 wagons par jour. L'objectif des compagnies de chemin de fer est de manutentionner les wagons dans la gare de façon à minimiser la durée du séjour de ces wagons. Cela représente un double objectif, assurer la qualité du service (rapidité et fiabilité) et utiliser au maximum leurs équipements. De toutes les opérations nécessaires au voyage d'un wagon de l'expéditeur à la réception finale par le destinataire, il est admis que les opérations effectuées dans les gares de triage sont la principale source de retard et d'accrocs à la qualité du service.

Ainsi, une étude datée de 1971, citée par Hope-Hart (1977) indique que la durée du cycle de chargement d'un wagon est en moyenne de 25,6 jours. Et ce temps se répartit comme suit : 22% dépendant des clients eux-mêmes, 15% pour la circulation des wagons entre les gares et, finalement, 63% pour le séjour dans les gares elles-mêmes. Un wagon ne circule sur les voies que 23% du temps où il est chargé et seulement 16% du temps où il est vide.

Bien que les compagnies ferroviaires y aient consacré une partie importante de leurs investissements et du temps de leur personnel, il ne semble pas y avoir eu des améliorations importantes dans la performance des gares de triage ces dernières années. Ainsi, à la gare Taschereau, la durée moyenne d'un séjour d'un wagon dans la gare est encore de 27 heures. Cette faiblesse des compagnies ferroviaires affecte leur position concurrentielle par rapport aux autres modes de transport de marchandises.

Le présent travail a pour objectif d'évaluer les possibilités d'une nouvelle approche pour la planification des opérations d'une gare de triage. Cette approche doit permettre de produire un horaire pour le

traitement des trains arrivant en gare (ce que nous appellerons par la suite une séquence de classification des trains) et un horaire pour les trains en partance. Le choix de ces deux horaires est fait de façon à minimiser la durée du séjour des wagons dans la gare.

Nous évaluerons dans le présent mémoire l'intérêt de cette approche. En effet, nous verrons, suite à une série de tests, que nous pouvons espérer qu'un logiciel utilisant cette approche puisse permettre de réduire de façon significative la durée du séjour des wagons dans une gare de triage.

Voici maintenant les grandes lignes de ce mémoire.

Dans le premier chapitre, nous présenterons le transport ferroviaire des marchandises en portant une attention particulière aux opérations d'une gare de triage.

Le deuxième chapitre fera une présentation des différents modèles analytiques qui ont été développés pour résoudre le problème de la manutention des wagons dans une gare de triage. Nous introduirons la stratégie proposée par cette étude.

Dans le troisième chapitre, nous présenterons le modèle mathématique sur lequel repose notre approche. Ce modèle fait ressortir les liens existant entre une séquence de classification et l'horaire de départs des trains. Cependant, nous obtenons un modèle dont la fonction objectif et plusieurs contraintes ne sont pas linéaires. La complexité du problème nous amènera à adopter un algorithme heuristique basé sur une approche d'énumération restreinte pour le résoudre.

Le chapitre IV consiste en une présentation du programme développé pour évaluer les performances de notre algorithme. Nous examinerons alors

en détail l'algorithme utilisé ainsi que les paramètres d'entrée du programme permettant de déterminer de façon précise la stratégie suivie.

Le chapitre V décrit la démarche faite afin d'adopter une bonne stratégie suivant notre approche. Par la suite, nous faisons deux études comparatives. Dans la première, pour une journée complète de travail, nous comparons la journée obtenue avec notre approche avec les journées obtenues en suivant des stratégies simples et la journée du C.N. elle-même. La deuxième étude nous permet de comparer notre approche avec celle du modèle HSS (Shi, 1981).

Les dernières pages du mémoire sont consacrées aux remarques finales et à quelques suggestions concernant les recherches futures sur le sujet étudié.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU PROBLÈME

1.1 Contexte

La majeure partie des revenus des compagnies de chemin de fer canadiennes et américaines provient du transport de marchandises. Ces compagnies rencontrent une forte concurrence des entreprises de camionnage et de transport maritime. De 1960 à 1975, l'industrie ferroviaire a vu sa part du marché diminuer. Ainsi, sa part du revenu total des compagnies de transport est passée de 56,3% à 37,6% alors que celle de l'industrie du camionnage passait de 13,6% à 42,9% (Crainic, 1982). Et cela, même si l'industrie ferroviaire a conservé la première place au chapitre du tonnage et du tonnage-mille transporté. Il est donc important pour les compagnies de chemin de fer de s'assurer de l'efficacité de leurs opérations pour demeurer compétitives.

Il est généralement admis que la rentabilité des opérations des compagnies ferroviaires soit affectée directement de façon importante par la manutention des wagons et indirectement par le degré de satisfaction de la clientèle.

En 1976, l'"Association of American Railroads" (A.A.R., 1978(a)) a utilisé comme mesure de la bonne utilisation des wagons le temps moyen qu'il faut entre deux chargements d'un wagon.

L'A.A.R. a identifié qu'un facteur majeur déterminant le mouvement des wagons est le traitement des wagons dans les gares de triage (A.A.R., 1978(b)). En effet, le temps de séjour moyen dans une gare de triage correspond à 60-70% du temps utile dans la vie d'un wagon. Un wagon chargé prend en moyenne 8,8 jours pour se déplacer de son point de chargement à sa destination (Shi, 1981). De ce temps, 6,8 jours (soit 77%) sont des séjours dans des gares de triage (Hoppe et Hart, 1977).

Le temps pris dans les gares est la conséquence directe de la politique d'assignation des wagons aux trains en partance et des décisions prises dans les gares à propos de la manutention des wagons. La rapidité avec laquelle des wagons traversent une gare reflète l'efficacité des opérations dans cette gare.

Une amélioration à ce niveau, si minime soit-elle, aurait donc un effet immédiat sur la fiabilité et la rentabilité des opérations des compagnies ferroviaires et augmenterait leurs chances de préserver leur part du marché.

1.2 Processus du transport des marchandises par chemin de fer

Suite à une commande d'un client pour des wagons, la compagnie sélectionne les wagons vides correspondant aux besoins du client et les lui livre. Ils sont récupérés une fois que le client les a chargés.

Une fois dans la gare d'origine, les wagons sont classifiés et mis dans un ensemble de wagons, appelé bloc, ayant une même destination. Cette destination peut être ou bien la destination finale où l'on veut faire parvenir les wagons, ou bien une gare intermédiaire où les wagons seront reclassifiés. Une fois constitué, le bloc est placé dans un train en partance.

Pendant le voyage vers sa destination, le train peut s'arrêter à des gares où les wagons sont vérifiés et peuvent être changés de train (par une opération de transfert) ou être reclassifiés en de nouveaux blocs.

À la destination, les wagons sont déchargés et préparés pour un nouveau voyage, chargés ou à vide, selon la demande.

1.3 Aperçu des opérations dans une gare de triage

Un train qui arrive dans une gare pour classification est d'abord introduit dans la zone d'accueil (le faisceau de réception) où les locomotives sont enlevées et les wagons inspectés.

Les wagons sont ensuite dirigés vers le faisceau de triage (ou de classification) chaque wagon étant mis sur la voie qui correspond à sa destination de classification. Dans les gares plus petites ou plus anciennes, cette opération est effectuée à l'aide d'une locomotive de triage, on a alors une gare de type plat ou "flat yard". Dans les grandes gares, plus modernes, la classification est faite en poussant tout le train au haut d'une élévation de terrain (un monceau) où chaque wagon est détaché des suivants avant de descendre, grâce à la force de gravité, vers le faisceau de classification. Pendant sa descente, le wagon est aiguillé (manuellement ou automatiquement) vers la voie qui lui est assignée. Il s'agit alors d'une gare à bosse ou "hump yard".

Les wagons ainsi triés sont réunis en blocs. Les blocs attendent dans le faisceau de classification pour être assemblés dans un train dans le faisceau de départ. Une fois l'opération d'assemblage complétée, on procède à une dernière inspection du train avant son départ.

Un train peut également arrêter à une gare pour changer d'équipage, être vérifié, être ravitaillé ou encore laisser des blocs (qui arrivent à destination, sont reclassifiés ou changés de train) ou en prendre.

Bien que la seule opération de classification ne représente qu'une partie de l'activité totale d'une gare, il a été démontré (Shi, 1981) que cette opération s'avérait cruciale pour la réalisation d'une bonne performance pour une gare de triage.

1.4 Le processus de classification

Les opérations du processus de classification des wagons d'un train venant d'arriver en gare sont généralement regroupées en quatre étapes à travers lesquelles les wagons doivent passer et où ils accumulent des délais. Ces quatre groupes sont :

- réception et inspection,
- classification,
- formation du train,
- inspection et départ.

Examinons chacune de ces opérations un peu plus en détail.

1.4.1 Réception et inspection

Lorsqu'un train arrive en gare pour être classifié, il est placé dans le faisceau de réception où, après avoir enlevé la (ou les) locomotive(s), le train est inspecté. L'inspection consiste à vérifier le contenu du train, l'état des wagons, à contrôler l'étiquetage des wagons pour l'affectation au train correspondant à leur prochaine destination. Une fois l'inspection complétée, les wagons sont mis en attente sur les voies du faisceau de réception pour être classifiés.

L'opération elle-même dure en moyenne une heure. Cependant, le délai moyen à cette étape peut être très important car nous ne pouvons traiter durant l'opération suivante qu'un ou deux trains à la fois. Le délai est principalement dû à la longueur des trains et au flot de trains passant dans la gare.

1.4.2 La classification

Poussés par un engin de la gare, les wagons sont introduits, comme décrit précédemment, sur la voie du faisceau de classification correspondant à son étiquette de bloc/destination.

Le temps pris par cette opération est fonction du nombre de wagons triés. Pour un train de longueur moyenne, nous pouvons compter entre 50 et 70 minutes. Une fois dans le faisceau de classification, les wagons sont mis en attente jusqu'à ce qu'il y ait assez de wagons dans les blocs du train en partance considéré et que l'on puisse procéder à sa formation. Les délais à cette étape sont donc dus non seulement au flot de wagons dans la gare, mais aussi à la disponibilité de l'équipement pour l'étape suivante et, enfin, à l'horaire de départ des trains.

1.4.3 Formation des trains

Lorsque le directeur de triage ("general yard master") évalue qu'il y a assez de wagons dans les blocs d'un train, il accorde l'autorisation de départ à une certaine heure (pas nécessairement celle prévue à l'horaire). Afin de respecter l'heure de départ choisie, le processus de formation du train doit être entrepris suffisamment tôt pour accorder le temps nécessaire à l'affectation de son équipage et à l'opération d'inspection avant le départ. Durant cette opération, les blocs sont tirés du faisceau de classification vers une des voies du faisceau de départ où le nouveau train sera assemblé.

1.4.4 Inspection et départ

Une fois tous les blocs du train en partance sur la voie du faisceau de départ, les wagons sont attachés et le personnel vérifie l'état et l'étiquetage des wagons. Finalement, on y attache une ou des locomotives en vue du départ vers la prochaine gare.

Les délais rencontrés à cette étape sont de même nature que ceux de l'étape initiale de réception et d'inspection.

Comme on vient de le constater, les principaux facteurs occasionnant des délais aux wagons sont :

- . le flot de wagons et de trains dans la gare;
- . l'horaire des trains en partance;
- . les limites physiques de la gare;
- . enfin les facteurs liés au personnel et à l'équipement disponibles.

En moyenne, il est évalué que, à la gare de Taschereau à Montréal (une des grandes gares de type à bosse au Canada), un wagon pouvait passer 27 heures dans la gare pour suivre le processus de classification au complet. Le tableau 1.1 illustre ce phénomène.

Tout ceci fait ressortir l'importance de la bonne gestion des wagons dans une gare de triage. Dans la plupart des compagnies de chemin de fer, et c'est le cas du Canadien National, on considère que l'objectif opérationnel que doit poursuivre le directeur de triage est la minimisation du temps d'attente sujet à des contraintes d'opération (par exemple longueur minimale des trains en partance) qui tient compte des objectifs de minimisatin des coûts de la compagnie. Afin de bien voir les points centraux sur lesquels devrait se baser une bonne stratégie, examinons le travail du directeur de triage d'une gare.

1.5 Le travail du directeur de triage

Le directeur de triage doit prendre un certain nombre de décisions qui affectent la circulation des wagons dans la gare. Ainsi il doit :

1. déterminer l'horaire de l'inspection des trains sur les voies du faisceau de réception;
2. déterminer l'ordre dans lequel les trains vont être classifiés;
3. contrôler et valider l'horaire de départ des trains;
4. déterminer l'horaire d'assemblage et de vérification des trains en partance;
5. fixer les besoins de personnel et d'équipements pour remplir ces tâches.

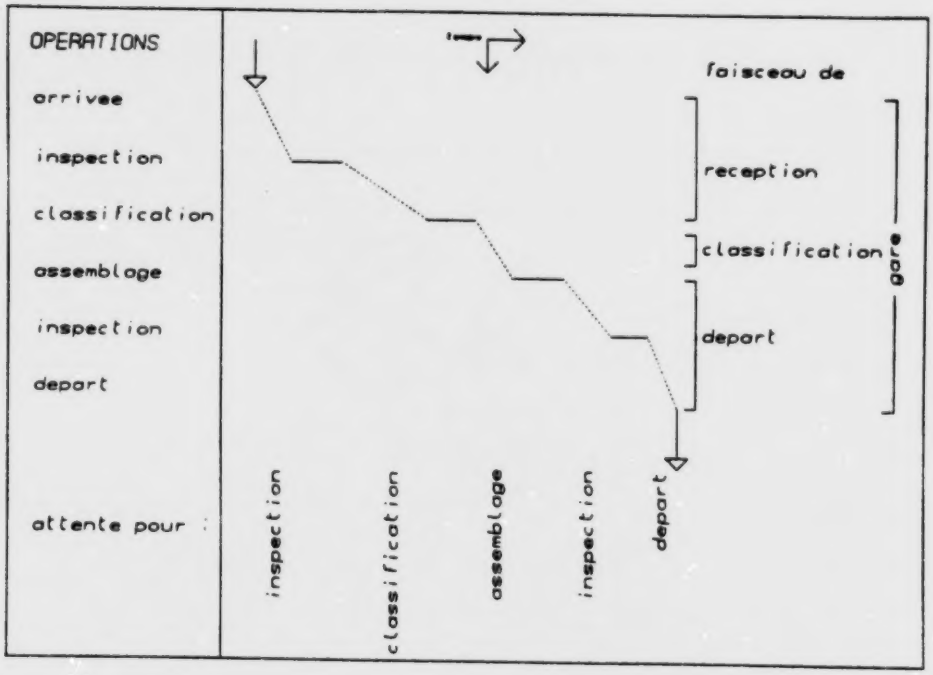


Figure 1.1 : Le processus de classification dans une gare de triage

Légende :

1. ——— : durée connue de l'opération fonction du nombre de wagons.
2. ..... : période de délai entre les opérations, fonction de l'achalandage et de l'organisation de travail. Ces périodes sont plus ou moins longues selon les activités et dépendent de l'efficacité du travail dans la gare.

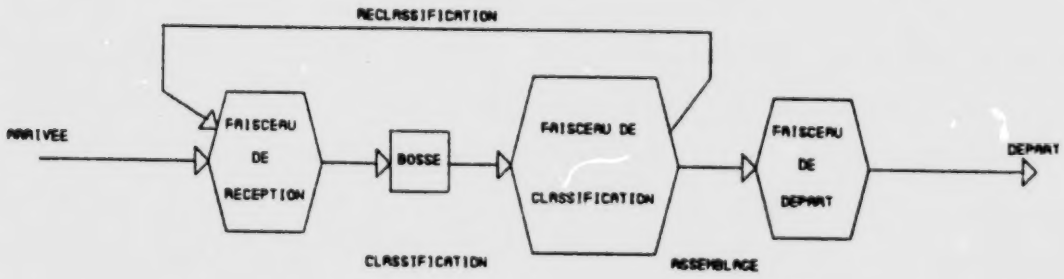


Figure 1.2 : Schéma d'une gare de triage

Pour arriver à prendre les bonnes décisions, le directeur doit connaître :

1. l'heure d'arrivée des prochains trains et leur composition;
2. les différentes destinations des wagons sur ces trains;
3. le temps nécessaire pour le traitement des trains, temps dépendant de la température et de l'état des voies;
4. la capacité des voies de triage;
5. la capacité des voies de départ;
6. le nombre de wagons sur chacune des voies des faisceaux de triage et de départ;
7. la composition et l'horaire des trains en partance;
8. le personnel et l'équipement disponibles;
9. les niveaux de priorité accordés à certains trains ou wagons.

Il est généralement considéré que la détermination de la séquence de classification est le facteur déterminant dans la mesure de l'efficacité d'une gare. En effet, dans la plupart des gares, on ne peut traiter qu'un seul train à la fois (parfois il est possible, dans les grandes gares, de trier deux trains à la fois; mais cette possibilité est rarement utilisée), tandis que l'horaire d'inspection des trains sur les voies de réception ou de départ ainsi que l'horaire d'assemblage des trains peuvent facilement être corrigés en modifiant l'horaire de travail du personnel et l'affectation de l'équipement de la gare. Finalement, l'horaire de départ des trains est un dernier facteur sur lequel on peut jouer en vue de diminuer le temps de séjour. Il existe trois options quant au choix de l'heure de départ d'un train. La première consiste à fixer l'heure de départ lorsqu'un train aura un nombre suffisant de wagons. Cela permet une utilisation efficace de la capacité des trains mais a, en contre-partie, le désavantage de rendre aléatoire les connections et d'augmenter la variance de la durée des voyages. La deuxième option consiste à utiliser un horaire

fixé prédéterminé. Cela favorise un service régulier et fiable (car la durée du voyage reste constante) mais a le désavantage de mal utiliser la capacité des trains (on pourrait laisser partir des trains presque vides). La dernière option permet au directeur de triage d'essayer de respecter l'horaire initial mais lui permet également d'annuler, de retarder ou de devancer le départ des trains selon la situation prévalant à ce moment dans la gare. Cela permet une bonne utilisation de la capacité des trains mais introduit une variance dans la durée des voyages. Nous verrons qu'une bonne utilisation de cette troisième option nous permettra d'obtenir une baisse significative de la durée du séjour des wagons dans une gare de triage.

La présente étude a pour but de développer une nouvelle approche pour résoudre le problème du traitement des trains et des wagons qui traversent une gare de triage de façon à minimiser la durée du séjour des wagons dans la gare. Pour ce faire, le modèle proposé cherche à trouver quel sera le prochain train qui devra être classifié le premier. La stratégie proposée pour arrêter ce choix est d'examiner les trains qu'il est possible de traiter à ce moment et de déterminer, pour chacun d'eux, le meilleur horaire qui permettra de diminuer la durée de séjour lors de sa classification. Le choix sera fait en choisissant une bonne combinaison séquence de classification et horaire de départ. Contrairement aux stratégies proposées par d'autres auteurs (voir le chapitre II), nous profitons des relations existant entre ces deux facteurs pour atteindre l'objectif de minimiser le temps de séjour des wagons.

CHAPITRE II

LES MODÈLES DU PROBLÈME DE L'ÉLABORATION D'UNE SÉQUENCE DE CLASSIFICATION

Dans ce chapitre, nous présentons les trois principaux modèles du problème de l'élaboration d'une bonne séquence de classification que l'on retrouve dans la littérature. Nous examinons les principales différences entre ces approches et nous introduisons notre approche en soulignant quels sont, à notre point de vue, ses avantages par rapport aux études antérieures.

2.1 Les modèles proposés

La première étude sur ce sujet a été publiée par Salmond (1970). Il propose un modèle pour construire une séquence de classification des trains dans une gare de triage en se basant sur un algorithme de programmation dynamique. Le coût d'une séquence est évalué en faisant la somme pondérée (par le niveau de priorité accordé à chaque wagon) du nombre de wagons non classés (ou arrivés trop tard dans le faisceau de classification) dont la première connexion réalisable a été rendue physiquement impossible à cause de l'ordre dans lequel les wagons des trains avaient été classifiés. La séquence choisie est celle qui minimise le nombre de connexions manquées.

Salmond préfère évaluer la performance d'une gare de triage à l'aide du nombre de connexions manquées plutôt que de travailler avec la durée moyenne de séjour des wagons dans la gare. Son choix se base sur une évaluation que le séjour moyen dépend d'un trop grand nombre de variables non directement sous le contrôle du personnel de la gare. Les retards des trains et une mauvaise planification des horaires par exemple peuvent faire augmenter la durée du séjour moyen. Salmond évalue qu'augmenter

l'utilisation des wagons en réduisant la durée moyenne du séjour était un objectif à long terme qui devrait être coordonné à un plus haut niveau dans la gestion des opérations du réseau ferroviaire. Par contre, Salmond évalue que les variables directement sous le contrôle du personnel de la gare sont des instruments pour déterminer le nombre de wagons réussissant leur première connexion réalisable. Les décisions prises par le personnel durant leur travail déterminent si oui ou non un wagon réussira sa connexion. De plus, pour Salmond, cette mesure d'efficacité est importante pour la compagnie et son client car, selon lui, cela assure une plus grande fiabilité au service. Salmond affirme qu'un très grand nombre de connexions réussies permet un service plus fiable que nous ne pourrions l'espérer d'une simple baisse du séjour moyen.

Allen et Rennicke (1977) proposent un modèle, le "Terminal Sequencing System" (TSS), ayant pour objectif d'améliorer l'utilisation des wagons en diminuant la durée de leur séjour dans la gare. Pour rencontrer cet objectif, le modèle TSS détermine une séquence optimale et un horaire de réalisation de chacune des opérations majeures dans la gare de façon à rencontrer les exigences des trains en partance.

La séquence et l'horaire de travail sont développés, premièrement, en affectant à tous les wagons arrivant en gare les exigences posées par leur assignation et leur heure de départ; deuxièmement, en déterminant la séquence des opérations qui va fournir le plus grand nombre de wagons réussissant leur première connexion réalisable. Le modèle TSS détermine la séquence optimale en simulant itérativement la situation sur les voies des faisceaux de classification et de départ et en comptant, pour chaque séquence possible, le nombre de connexions manquées et de wagons reclassifiés, et en choisissant la séquence ayant le plus petit pointage.

Cette méthode considère tous les wagons triés sur le même pied, sans se soucier si ces wagons sont utiles pour un certain train, i.e. a-t-on vraiment besoin de tous ces wagons pour faire partir le train. Cela peut donc avoir comme conséquence que l'on surestime la valeur d'un train à classifier par rapport à un autre seulement parce qu'il a un plus grand nombre de wagons pour le prochain train en partance indépendamment des besoins des autres trains en partance. Besoin que pourrait peut-être satisfaire l'autre train à classifier.

Finalement, la troisième étude fut réalisée par Shi (1981), Yagar, Saccomanno et Shi (1983) et Shi et Yagar (1983). Le modèle développé a été appelé "Hump Sequencing System" (HSS). Le modèle HSS cherche à déterminer la meilleure séquence de classification étant donné les arrivées et les départs des trains.

Contrairement aux deux études précédentes, le modèle HSS se base, pour mesurer la performance d'une gare de triage, sur la durée moyenne de séjour des wagons dans la gare plutôt que sur le nombre de connexions réussies ou non.

Malgré que beaucoup de variables ne sont pas sous le contrôle du personnel de la gare, Shi et coll. estiment que, du moment que les trains devant être triés ont complété le processus de réception, il doit y avoir un moyen de déterminer une séquence de classification plus efficace, qui minimise le temps nécessaire à ces wagons pour compléter tout le processus de classification dans la gare.

De plus, Shi et coll. postulent que leur approche est une méthode qui favorise le plus grand nombre de connexions réussies par les wagons. Selon eux, maximiser le nombre de connexions réussies est équivalent à faire passer le plus grand nombre possible de wagons sur les voies du faisceau de classification et cela peut donc être vu comme une méthode

indirecte pour diminuer le séjour des wagons dans la gare, mais pas comme un objectif d'efficacité.

Pour eux, le seul véritable objectif est de minimiser la moyenne pondérée de la durée des séjours des wagons dans la gare. Cet objectif satisfait d'abord la compagnie, car diminuer la durée moyenne des séjours des wagons dans une gare permet de raccourcir le cycle de voyage d'un wagon, donc de diminuer les coûts d'opération, et satisfait aussi les clients, car ceux-ci reçoivent alors leurs marchandises aussi vite que possible.

Nous allons nous attarder davantage sur le modèle développé par Shi, Yagar, Saccomanno car nous ferons au chapitre V une comparaison entre leur approche et celle présentée dans ce mémoire.

Le système HSS est un modèle de décision assisté par ordinateur (Shi, 1981) qui cherche à produire la meilleure séquence de classification selon les arrivées et les départs des trains, les capacités des voies, la disponibilité des équipes et des engins, etc. Il remplit cette tâche en suivant le mouvement des trains et des wagons à travers la gare. Cependant, le modèle HSS met l'accent sur l'opération de classification. Le système HSS fournit en sortie pour le directeur de gare, le preneur de décision en ce qui concerne la séquence de classification, la séquence pour tous les trains sur le faisceau de réception dont le processus de réception et d'inspection a été complété avant le moment où on a appelé le système HSS.

Le modèle HSS simule dynamiquement le mouvement de tous les wagons qui doivent être triés dans la gare selon un certain nombre de règles. Le modèle suit les étapes suivantes :

1. Détermination de l'horaire de départ des trains et fixation du nombre de wagons nécessaires pour autoriser ces départs. Le modèle prévoit un nombre limité (de 1 à 4) d'heures de départ possibles si la première heure proposée n'est finalement pas retenue.

2. Détermination du moment le plus tardif où l'assemblage des trains peut commencer. Il faut donc que tous les wagons devant partir par ce train aient été classifiés avant cette heure limite, sinon le train ne pourra partir à l'heure prévue. Cette heure limite est fixée en tenant compte du temps nécessaire pour les opérations d'assemblage et d'inspection.
3. Détermination de la séquence de classification :
   - constitution de la liste des trains à classifier. Pour éviter d'avoir une liste ayant trop de trains, une technique de filtrage est utilisée afin de ne considérer que les trains les plus "intéressants" du point de vue des trains en partance;
   - calcul des coûts associés à la classification d'un certain train au rang i de la séquence étant donné les trains déjà triés;
   - identification de la "meilleure séquence" par une technique classique de la programmation dynamique.

La fonction objectif du problème de la séquence de triage mesure la durée totale des séjours des wagons à classifier. Le coût inclut le temps nécessaire pour effectuer le tri, le temps de séjour dans le faisceau de classification, le temps nécesaire pour l'assemblage, et le temps de séjour dans le faisceau de départ. La fonction inclut également les délais occasionnés par la reclassification. Le nombre de wagons sur les trains arrivant et partant de la gare est connu.

Le modèle mathématique utilisé par Shi (1981) pour résoudre le problème a été développé pour correspondre à son approche de programmation dynamique.

Pour la classification des trains 1,2,...,n, Shi définit les variables :

- Φ_i^t $\begin{cases} 1 & \text{si le train i est classifié en position t} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
- x_{ij}^t $\begin{cases} 1 & \text{si le train j est classifié en position t étant donné que le train i a été classifié en position t-1} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

. $C_{ij}^t = C_j^t (\Phi_{i_{t-1}}^{t-1}, \Phi_{i_{t-2}}^{t-2}, \ldots, \Phi_{i_1}^1)$ est le coût (wagon-heure) correspondant à la classification du train j en position t étant donné que la classification du train i_k en position k, où k=1,2,...,t-1.

. Θ_p taux horaire pour traiter un wagon dans la gare ($/wagon-heure).

Le modèle est alors défini ainsi :

$$\text{Min } T = \Theta_p \left(\sum_{j=1}^{n} C_{0j}^1 \, x_{0j}^1 + \sum_{t=2}^{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} C_{ij}^t \, x_{ij}^t \right)$$

sujet aux contraintes suivantes :

(1) unicité du choix du premier train de la séquence

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0j}^1 = 1$$

(2) le premier train choisi n'apparaît plus ailleurs dans la séquence :

$$x_{0j}^1 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \sum_{t=2}^{n} x_{ij}^t = 1$$

pour j=1,2,...,n.

(3) le deuxième train choisi est pris parmi les trains non triés en position 1 :

$$x_{0j}^1 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} x_{jk}^2$$

pour j=1,2,...,n.

(4) la séquence est bien définie :

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} x_{ij}^t = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} x_{jk}^{t+1}$$

t=1,2,...,n et j=1,2,...,n.

(5) $x_{ij}^t = \{0,1\}$ pour toutes les valeurs de i,j et t.

Comme chacun des termes de la somme de la fonction économique représente la part des délais occasionnés aux wagons en triant un certain train à une certaine position dans une séquence et que Θ_p représente le taux horaire en dollars pour le séjour d'un wagon par heure dans la gare, T est donc le coût en dollars pour opérer la gare pour une séquence donnée. Les contraintes nous assurent que la solution est réalisable. La difficulté de cette approche réside dans le calcul des C_{ij}^t. Ce calcul comprend des pénalités pour la reclassification et précise les trains par lesquels peuvent partir les wagons.

Pour résoudre le problème avec un algorithme de programmation dynamique, Shi définit :

- une <u>étape</u> du processus comme le nombre de trains classifiés à ce moment;
- un <u>état</u> comme un sous-ensemble des trains que l'on peut avoir classifiés à une certaine étape;
- une <u>transition</u> d'une étape i à une étape j comme le passage d'un état de l'étape i à un état de l'étape j;
- et, pour toutes transitions, on définit un <u>retour</u> à l'étape précédente selon le coût associé au tri de chaque train classifié. Cela nous permet de reconstruire la séquence une fois l'étape finale atteinte.

Une transition de l'étape (t-1) à l'étape t représente donc le choix d'un certain train en position t. La part du coût correspondant au tri de ce train à cette étape (qui dépend, selon Shi, des trains restant à classifier et de l'heure présente) est assignée à cette transition. Le problème se résume à déterminer un chemin le plus court de l'étape initiale 0 à l'étape finale n.

Examinons pour finir comment est modifié l'horaire de départ des trains. Le modèle ne permet que de retarder le départ d'un train. À l'ho-

raire initial, on ajoute trois heures alternatives de départ pour chaque train. Une des heures alternatives est choisie durant l'élaboration de la séquence. Ceci est fait à une certaine étape, lorsque l'on s'aperçoit qu'un train ne pourra plus partir avec le nombre requis de wagons car, suite à la prochaine classification d'un train, il ne restera plus suffisamment de temps pour compléter les opérations d'assemblage et d'inspection du train avant son départ. On choisit alors la première heure alternative qui pourra respecter cette contrainte.

2.2 La stratégie proposée

Dans cette étude, nous avons cherché à évaluer l'efficacité d'une nouvelle approche au problème du choix de la séquence de classification qui améliorerait les performances des gares de triage.

Comme dans le modèle HSS, nous avons utilisé comme mesure d'efficacité la durée moyenne du séjour des wagons dans la gare. Comme les auteurs du modèle HSS, nous pensons que c'est un meilleur objectif que de maximiser les connexions réussies (ou de minimiser les connexions manquées).

Mais, contrairement aux approches citées, nous cherchons à utiliser au maximum l'impact des horaires des trains en partance sur la durée du séjour des wagons dans une gare. Tous les auteurs soulignent l'importance de l'horaire mais n'en tirent pas une stratégie conséquente.

Ainsi, le modèle HSS permet une flexibilité très limitée à l'horaire. Un train ne peut partir que lorsqu'il a atteint un nombre fixé de wagons. Son heure de départ sera prise dans une liste composée de deux à quatre heures proposées. Le choix est fait en prenant la première heure pour laquelle on aura atteint le quota fixé de wagons permettant le départ.

Exemple

heures proposées :	4h00	6h00	9h00	13h00
nombre de wagons :	60	75	100	125

Si le quota est fixé à 100 wagons, alors son heure de départ sera 9h00, car cela correspond au premier choix possible pour lequel suffisamment de wagons ont été triés pour réussir la connexion.

Ce choix est fait indépendamment du fait que les 100 wagons pouvaient être disponibles pour permettre le départ du train à 8h00; ou encore faire partir 115 wagons à 9h30 ou 85 à 7h25 ... selon l'évaluation de ce qui est le plus avantageux pour diminuer la durée du séjour des wagons dans la gare.

Pour être en mesure de faire une évaluation du coût de procéder à la classification d'un certain train à une étape d'un algorithme, nous devons connaître l'inventaire des wagons sur le faisceau de classification. Il faut pour cela connaître avec précision le flot des wagons entrant et sortant du faisceau de classification. Une approche utilisant la programmation dynamique nous impose entre autres de fixer le nombre exact de wagons dans les trains en partance.

Cette contrainte sur le nombre de wagons des trains en partance est due au fait qu'à chaque état de l'algorithme de programmation dynamique nous ne connaissons pas la séquence mais seulement l'ensemble des trains classifiés à ce moment. Alors, afin de connaître l'inventaire des wagons dans le faisceau de classification à une étape donée de l'algorithme, nous devons avoir fixé à l'avance le nombre de wagons sur chacun des trains en partance. Cela nous permet alors de savoir combien de wagons ont quitté la gare sur les trains en partance et, de là, déduire le nombre de wagons

restant dans le faisceau de classification. Tandis que, avec une approche d'énumération explicite des séquences de classification, nous pouvons éliminer ce problème. Car, à chaque étape de l'énumération, nous connaissons l'historique de la classification en connaissant la séquence des trains classifiés jusqu'à ce moment et les décisions prises quant au départ des trains (choix de l'heure de départ et du nombre de wagons pour chaque train autorisé à partir) lors de chacune des classifications. Nous connaissons alors l'inventaire des wagons dans le faisceau de classification à chaque étape même si nous permettons un horaire flexible et un nombre de wagons variable pour les trains en partance.

Par exemple, considérons la situation où nous avons deux trains à trier , A1 et A2, et deux trains en partance, T1 et T2. Supposons que nous avons

pour T1, 60 wagons déjà dans le faisceau de classification,
30 wagons sur le train A1.
et 10 wagons sur le train A2;
pour T2, 50 wagons déjà dans le faisceau de classification,
20 wagons sur le train A1.
et 30 wagons sur le train A2.

Si nous imposons, comme on doit le faire avec une approche utilisant la programmation dynamique, un nombre fixe (disons 90) de wagons pour autoriser le départ d'un train, nous aurons alors la même situation dans le faisceau de classification suite au tri de A1 et A2, indépendamment de la séquence de tri utilisée. Il restera alors, dans le faiseau de classification, dix wagons pour chacun des prochains départs de T1 et T2. Ceci, sans connaître dans quel ordre les trains T1 et T2 ont été autorisés à partir.

Par contre, si dans le même contexte, nous autorisons le départ d'un train du moment que plus de 80 wagons lui sont assignés dans le

faisceau de classification, nous aurons alors des situations différentes selon la séquence utilisée.

Ainsi pour la séquence

. A1-A2 on aura dans le faisceau de classification à la fin 10 wagons pour le prochain départ de T1 et aucun pour le départ de T2, car le train T1 sera parti avec 90 wagons après la classification de A1 et T2 sera parti avec 100 wagons suite au tri de A2.

. A2-A1 on aura dans le faisceau de classification à la fin 20 wagons pour le prochain départ de T2 et aucun pour le départ de T1, car le train T2 sera parti avec 80 wagons après la classification de A2 et T1 sera parti avec 100 wagons suite au tri de A1.

Pour résoudre le problème de la construction d'une bonne séquence de classification, nous avons choisi de procéder par énumération des solutions possibles. Comme l'énumération complète de toutes les séquences possibles de classification des trains est en pratique impossible vu leur grand nombre, nous avons restreint cette énumération de deux façons, en largeur et en profondeur.

À chaque niveau de l'énumération, nous ne considérons qu'un sous-ensemble des trains disponibles pour classification en évaluant leur niveau d'intérêt pour les trains dont le départ est prévu pour les prochaines heures. Nous avons défini et évalué deux filtres différents pour limiter le nombre de trains à considérer et ainsi, restreindre en largeur l'énumération complète.

Comme le problème est de toute façon sur un horizon non borné, il nous faut limiter la recherche en profondeur et évaluer le coût associé à une séquence finie des trains à classifier.

La création de la séquence de classification se fait comme suit : énumérer toutes les séquences de classification de longueur P (nous verrons plus loin comment P est choisi de façon à ce que l'algorithme soit à la fois robuste quant à la solution générée et efficace quant au temps d'exécution) qui utilisent les trains qui ont passé le test de filtrage. Nous choisissons la séquence qui a le meilleur coût selon notre évaluation et nous fixons en première position de classification le premier train de la séquence. Une fois le premier train à classifier fixé et l'horaire de départ modifié en conséquence, nous reprenons le même processus, i.e., nous énumérons toutes les séquences de classification de longueur P à partir de ce point et fixons le second train à classifier. Le processus peut ainsi se continuer aussi longtemps que désiré.

Notre hypothèse est que, pour construire une bonne séquence de classification (minimisant le temps de séjour), nous devons, non seulement chercher à faire partir les wagons par le premier train en partance, mais trouver aussi le meilleur horaire de départ possible correspondant à la situation de la gare au moment présent.

CHAPITRE III

LE MODÈLE

3.1 Les facteurs influant sur la performance d'une gare

Pour mesurer la performance d'une gare, nous calculerons le temps de sējour moyen des wagons dans la gare. Afin de bien cerner le problème, examinons les facteurs pouvant affecter la longueur du sējour des wagons. Ceux-ci sont des types suivants :

- les contraintes physiques (nombre et longueur des wagons),
- le volume du trafic ferroviaire,
- les ressources disponibles (personnel et équipements),
- l'horaire des trains en partance,
- l'organisation du travail.

De ces facteurs, nous ne pouvons influencer à court terme que les trois derniers.

Les deux premiers ne peuvent être modifiés qu'à un niveau supérieur de planification; soit par des travaux de construction; soit par une redistribution du trafic entre les gares de façon à diminuer la congestion du rēseau.

Par contre, pour le troisième, il est facile, avec des dēlais raisonnables, de rēquisitionner des engins ou des équipes de travail supplémentaires si nous prévoyons une congestion au niveau d'une étape dans tout le processus global de classification. Par exemple, il suffit de mettre en service une équipe supplémentaire pour effectuer le surcroît de travail à l'étape d'inspection et de rēception; ou encore rēquisitionner un engin supplémentaire pour effectuer le processus d'assemblage afin de rencontrer l'horaire de départ fixē.

Les deux derniers facteurs sont ceux qui demandent le plus de réflexion. L'organisation du travail repose principalement sur le choix de la séquence de classification. En effet, on ne peut traiter qu'un ou deux trains à la fois (la gare de Taschereau à Montréal traite un train à la fois, au moins les trois quarts du temps), ce qui provoque un embouteillage (goulot d'étranglement) freinant le flot des wagons vers le faisceau de classification, donc des trains en partance. Ce choix doit être fait de façon à correspondre à l'horaire des trains en partance, afin de diminuer la durée du séjour en gare. En se permettant d'adapter l'horaire de façon à tenir compte le mieux possible du flot de wagons qui dépend de la séquence choisie, vers le faisceau de classification, nous favoriserons l'objectif de minimiser la durée des séjours.

La détermination de la séquence de triage est une étape cruciale pour la détermination de l'horaire d'assemblage des trains en partance. Nous devrions fixer cet horaire selon la séquence choisie, et non le contraire, comme le fait le modèle HSS. L'horaire d'assemblage dépend, d'un côté, de la disponibilité des engins et du personnel (et on a vu qu'il est facile d'intervenir de ce côté) et, de l'autre côté, l'entrée des wagons sur les voies du faisceau de classification correspondant aux trains en partance. Ce flot est déterminé par la séquence de triage. Les voies du faisceau de triage correspondant au train se faisant assembler doivent être fermées pendant le processus d'assemblage. Cependant, dans les grandes gares, il y a un grand nombre de voies de classification (à Taschereau il y en a 84). Ce qui fait que, avec une bonne assignation des voies du faisceau de triage aux étiquettes des wagons, nous pouvons facilement permettre d'adapter le processus d'assemblage à la séquence de classification, et non l'inverse.

Cela explique pourquoi notre attention s'est concentrée sur la construction de la séquence de classification et sur l'horaire de départ.

Nous voulons mesurer l'impact possible de notre approche sur la performance d'une gare. Selon les résultats, il pourra être estimé intéressant d'implanter un système complet se basant sur cette approche.

3.2 Les hypothèses du modèle proposé

Dans la présente étude, nous avons fait un certain nombre d'hypothèses pour décrire la réalité d'une gare de triage. Ces hypothèses ont été faites de façon à garder une situation aussi simple et réaliste que possible et nous permettent de vérifier l'impact de la stratégie proposée dans ce mémoire sur les principaux facteurs influant la performance d'une gare de triage.

1. Nous considérons tous les trains arrivant en gare entre le début et la fin de l'étude. Ces trains sont considérés disponibles pour être classifiés après avoir subi le processus d'inspection et de réception. La longueur de ce processus ne dépend que du nombre de wagons du train. Nous avons considéré un taux fixe de une minute par wagon. De plus, seuls les trains ayant plus de 45 wagons seront considérés. Comme, en général, les trains traités ont en moyenne plus de 80 wagons, cela ne devrait pas affecter les résultats. Cela nous permet de minimiser le nombre de trains considérés à chaque étape. Les petits trains sont en général des blocs de wagons venant de la gare elle-même et qui doivent être reclassifiés. Pour traiter ces trains nous pourrions regrouper plusieurs petits trains en un seul.

2. Contrairement à Shi, nous ne considérons pas que les trains déjà en gare au début de la construction de la séquence de classification. Nous considérons accessible l'information sur les trains qui pourront être disponibles pour la classification durant les six prochaines heures. Nous les considérerons, pour la séquence, au fur et à mesure de leur arrivée, durant la période considérée.

3. Les délais des trains en partance ne sont pas dus au manque de personnel et d'équipement pour l'assemblage et l'inspection de ces trains. Bien que la longueur de ce processus ne dépende que du nombre de wagons du train, nous avons considéré qu'il faut un temps fixe de quatre heures pour compléter cette opération. Un train qui reçoit des wagons lors d'une classification ne peut donc voir son heure de départ rapprochée avant la fin de ce délai.

4. Aucun wagon d'un train ne sera considéré classifié avant que tous les wagons de ce train ne le soient. On considérera donc que tous les wagons d'un train sont classifiés simultanément.

5. Un train sur une voie du faisceau de réception sera classifié complètement ou ne le sera pas.

6. On n'a pas tenu compte du fait que les voies du faisceau de triage correspondant à un train en partance doivent être fermées durant l'assemblage du train en partance (aucun wagon d'un train dont la classification est en cours ne peut pénétrer sur ces voies). Cela implique qu'il y a toujours au moins une voie associée à une étiquette donnée qui soit ouverte.

7. Nous avons considéré que pour qu'un train en partance puisse être autorisé à partir, il devrait être composé d'un nombre de wagons compris entre 80 et 115. Cela correspond à la variation observée en pratique et nous permettra plus de souplesse pour fixer l'heure de départ d'un train.

8. L'heure de départ d'un train peut être modifiée avec les contraintes suivantes :

   a) le départ des trains prévus durant les trois prochaines heures ne peut qu'être retardé et non avancé;

   b) tous les trains non prévus à l'horaire ne peuvent y être ajoutés qu'après un délai de six heures, puisqu'il faut en pratique obtenir l'autorisatin du quartier général;

c) tous les trains dont le départ n'est pas prévu pour les trois prochaines heures ne peuvent prendre leur départ avant ces trois heures.

9. Les étiquettes affectées aux wagons correspondent aux numéros de voies du faisceau de classification. Nous n'avons donc pas tenu compte de l'affectation réelle des étiquettes aux voies du faisceau de classification. C'est équivalent à travailler théoriquement avec un nombre de voies plus grand que celui disponible réellement. Cela ne devrait pas affecter la fiabilité du modèle, car nous n'avons pas beaucoup plus d'étiquettes que de voies réelles et en moyenne nous avons, par étiquette, moins de dix wagons présents à chaque instant dans le faisceau de triage, et environ 65 voies avec des wagons.

3.3 Le modèle mathématique

3.3.1 Le contexte

Soit une gare, et nous voulons établir, pour la période H_0 à H_f, la meilleure paire (séquence de classification, horaire de départ) pour les wagons déjà en gare au temps H_0 ou arrivant avant H_f.

Nous définissons les constantes :

- T_D l'ensemble des départs prévus.
- E l'ensemble des étiquettes possibles (une étiquette définit des affectations de wagons à une voie du faisceau de classification).
- n le nombre de trains arrivant en gare avant H_f qui devront être classifiés.
- w_i^e le nombre de wagons sur le train i, avec l'étiquette e.
- h_i^a l'heure d'arrivée du train i.

- t_i^a le temps nécessaire pour effectuer l'opération réception-inspection du train i.
- t_i^c le temps nécessaire pour effectuer l'opération de classification du train i.
- t_t^p le temps nécessaire pour effectuer les opérations d'assemblage et d'inspection du train t.
- s_0^e le nombre de wagons ayant l'étiquette e déjà dans le faisceau de classification au temps H_0.
- t_{min} la durée minimum du délai pour commander le départ d'un train.
- ρ^e facteur de pondération de l'importance de la destination e.
- c_{min} nombre minimum de wagons qu'un train en partance doit avoir pour partir.
- c_{max} nombre maximum de wagons qu'un train en partance peut avoir.

3.3.2 Les variables

Nous cherchons à déterminer les valeurs des variables suivantes :

- $y_{ir} = \begin{cases} 1 & \text{si le train i a été classifié au rang r.} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$
- s_r^e nombre de wagons pour la destination e dans le faisceau de classification après la $r^{ième}$ classification.
- $z_{rt} = \begin{cases} 1 & \text{si le départ du train t a été autorisé suite à la } r^{ième} \text{ classification.} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$
- x_t^e nombre de wagons pour la destination e assignés au train t en partance.
- h_r^c l'heure de fin de la $r^{ième}$ opération de classification.
- h_t^d l'heure de départ du train t.

3.3.3 La fonction économique

Nous cherchons à minimiser la durée pondérée du séjour des wagons dans la gare. Cette durée est composée de deux temps d'attente, celui pour la classification et celui pour le départ.

Le temps d'attente pour la classification est évalué par l'expression

$$\sum_{i=1}^{n} W_i \left(\sum_{r=1}^{n} (h_r^c - h_i^a) y_{ir} \right).$$

Le temps d'attente pour le départ est évalué par l'expression

$$\sum_{t \in T_D} h_t^d X_t - \sum_{r=1}^{n} h_r^c \left(\sum_{i=1}^{n} W_i y_{ir} \right) - H_0 S_0.$$

où $W_i = \sum_{e \in E} \rho^e w_i^e$ est la somme pondérée du nombre de wagons sur le train à classifier i.

$X_t = \sum_{e \in E} \rho^e x_t^e$ est la somme pondérée du nombre de wagons affectés au train en partance t.

$S_0 = \sum_{e \in E} \rho^e s_0^e$ est la somme pondérée du nombre de wagons déjà dans le faisceau de classification au temps H_0.

Donc, la fonction que nous cherchons à minimiser sera, après simplification,

$$Z = \sum_{t \in T_D} h_t^d X_t - \sum_{i=1}^{n} h_i^a W_i - S_0 H_0$$

$$= \sum_{e \in E} \rho^e \left[\sum_{t \in T_D} h_t^d x_t^e - \sum_{i=1}^{n} h_i^a w_i^e - s_0^e H_0 \right]$$

Comme les deux derniers termes de la fonction sont constants, ils pourraient être éliminés de la fonction économique sans que cela n'affecte la solution optimale. Cependant, en conservant ces termes dans la fonction économique, nous obtenons directement une mesure de la durée de séjour des wagons qui peut êtree comparée à la mesure de performance d'une gare de triage utilisée dans la pratique par les compagnies ferroviaires.

3.3.4 Les contraintes

En minimisant Z, nous devons respecter les contraintes suivantes :

1. pour la classification

   . tous les trains disponibles pour la classification doivent être traités

$$\sum_{r=1}^{n} y_{ir} = 1 \qquad \text{pour } i=1,2,\ldots,n$$

   . un seul train peut être classifié au rang r.

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ir} = 1 \qquad \text{pour } r=1,2,\ldots,n$$

   . l'heure de la fin de la $n^{ième}$ classification dépend de

   - l'heure de la fin de la classification précédente

$$h_r^c > h_{r-1}^c + \sum_{i=1}^{n} y_{ir} t_i^c \qquad \text{pour } r=1,2,\ldots,n$$

$$\text{où } h_0^c = H_o$$

   - l'heure d'arrivée du train classifié

$$h_r^c > \sum_{i=1}^{n} (h_i^a + t_i^a + t_i^c) y_{ir} \qquad \text{pour } r=1,2,\ldots,n.$$

2. pour tenir à jour l'inventaire des wagons dans le faisceau de classification

$$. \; s_r^e = s_{r-1}^e + \sum_{i=1}^{n} w_i^e y_{ir} - \sum_{t \in T_D} x_t^e z_{rt} \qquad \text{pour } e \in E \text{ et } r=1,2,\ldots,n$$

3. pour l'affectation des wagons aux trains en partance

$$\sum_{t \in T_D} x_t^e = s_0^e + \sum_{i=1}^{n} w_i^e \qquad \text{pour } e \in E$$

4. pour l'heure de départ d'un train

   . respect du délai minimum nécessaire pour permettre un départ

$$h_t^d > H_0 + t_{min} \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

   . respect du temps nécessaire pour compléter l'assemblage et l'inspection des trains en partance

$$h_t^d > \sum_{r=1}^{n} (h_r^c + t_t^p) z_{rt} \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

   . le moment le plus tôt où un train en partance pourra partir si son départ n'a pas été autorisé

$$h_t^d > (h_n^c + t_{min})(1 - \sum_{r=1}^{n} z_{rt}) \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

5. pour l'autorisation de partir d'un train

   . un train peut ou non être autorisé à partir

$$\sum_{r=1}^{n} z_{rt} \leq 1 \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

   . le nombre de wagons nécessaires pour obtenir l'autorisation

$$(\sum_{r=1}^{n} z_{rt})\, c_{min} \leq \sum_{e \varepsilon E} x_t^e \leq c_{max} \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

6. non-négativité des variables

$$h_r^c \geq 0 \qquad \text{pour } r=1,2,\ldots,n$$

$$h_t^d \geq 0 \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D$$

$$s_r^e \geq 0 \qquad \text{pour } e \varepsilon E \text{ et } r=1,2,\ldots,n$$

$$x_t^e \geq 0 \qquad \text{pour } e \varepsilon E \text{ et } t \varepsilon T_D$$

$$y_{ir} = 0,1 \qquad \text{pour } i \varepsilon T_A \text{ et } r=1,2,\ldots,n$$

$$z_{rt} = 0,1 \qquad \text{pour } t \varepsilon T_D \text{ et } r=1,2,\ldots,n$$

Nous avons donc un modèle où l'objectif et certaines contraintes sont non-linéaires et qui comporte un grand nombre de variables. C'est un modèle trop complexe pour que nous puissions trouver une solution exacte. C'est pourquoi nous avons adopté une heuristique pour résoudre ce problème. Dans le prochain chapitre nous allons donner une description de l'algorithme utilisé.

CHAPITRE IV

UN ALGORITHME DE CONSTRUCTION D'UNE SÉQUENCE DE CLASSIFICATION

Nous cherchons à obtenir une stratégie nous permettant de prendre une bonne décision lorsque nous cherchons à déterminer quel sera le prochain train a classifier. Nous considérons qu'une bonne stratégie doit chercher une solution économique lors du choix du prochain train à trier, mais doit aussi tenir compte de la situation prévue pour les prochaines heures afin d'obtenir également une solution économique pour toute la période d'opération étudiée.

Nous allons examiner, dans le présent chapitre, la structure générale de l'algorithme que nous avons développé. Dans le prochain chapitre, nous discuterons des différentes stratégies possibles découlant de notre approche et évaluerons la performance de celle-ci.

4.1 Description générale de l'algorithme

Notre algorithme de construction d'une séquence de classification repose sur la méthode utilisée pour fixer notre choix du prochain train à trier. Nous avons décrit brièvement au chapitre 2 l'énumération restreinte utilisée pour arrêter notre choix. Vous trouverez à la figure 4.1 la structure générale de l'algorithme de construction d'une séquence de tri.

La stratégie développée pour choisir le prochain train à classifier est une heuristique qui nous permet, compte tenu des informations disponibles, de sélectionner un train qui cherche à réduire le plus possible la durée du séjour des wagons dans la gare suite à la classification du prochain train et nous place dans une position favorable (grâce à la modification de l'horaire) pour l'ensemble de la période d'opération étudiée.

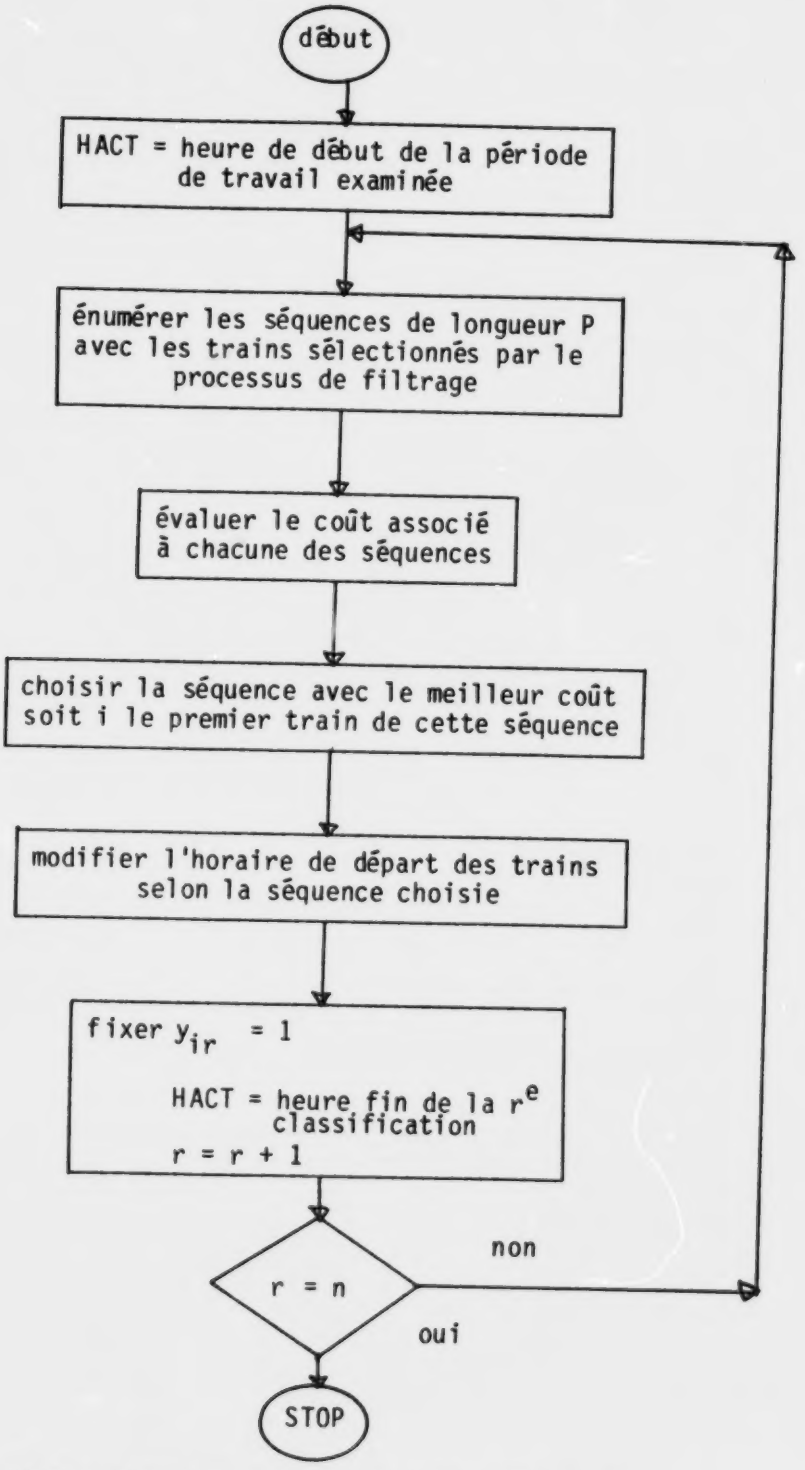


Figure 4.1 : Algorithme de construction d'une séquence de classification

Comme nous faisons seulement une énumération restreinte des séquences de classification et comme nous faisons une évaluation de ces séquences que sur un horizon limité dans le temps, nous ne pouvons cependant être assurés de la qualité de la solution trouvée par notre algorithme. Toutefois, comme nous le verrons plus tard au chapitre 5, notre algorithme permet de construire de bonnes séquences de classification. Cela est possible grâce à la liberté que nous permettons pour les trains en partance quant au choix de l'heure de départ et du nombre variable de wagons qui peuvent leur être assignés.

4.2 Énumération restreinte des séquences de classification

Pour identifier une bonne séquence des trains à classifier pour une période donnée, nous utilisons une technique d'énumération restreinte. À chaque niveau de l'arbre, le nombre de branches examinées est limité par une technique de filtrage des trains disponibles pour la classification qui ne retient que les candidats les plus intéressants. La profondeur de la recherche est également limitée. À la profondeur maximum considérée, une borne est calculée pour chacune des branches après avoir complété la séquence pour la période donnée. La branche initiale de l'arbre conduisant au noeud ayant la meilleure borne est choisie. Une nouvelle recherche est alors entreprise à partir du premier noeud de la branche sélectionnée. Ce processus se poursuit jusqu'à ce qu'on ait une séquence de la longeur désirée. La figure 4.2 illustre cette démarche.

Nous espérons que la séquence ainsi obtenue soit près de la meilleure séquence possible pour la période. Le premier train de la séquence identifiée sera considéré comme le meilleur candidat, compte tenu de l'information disponible à ce moment, pour être le prochain train classifié.

Nous pouvons maintenant regarder plus en détail chacune des étapes de l'algorithme construisant une bonne séquence de classification.

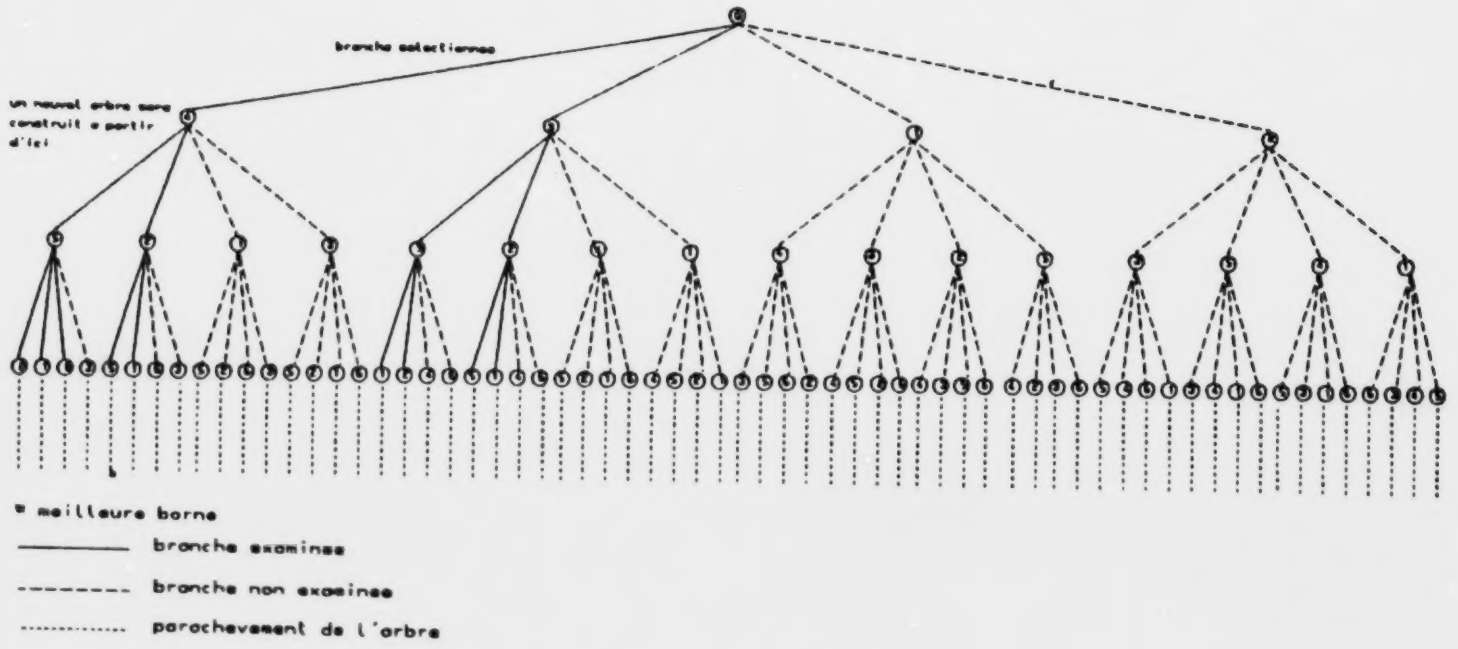


Figure 4.2 : Arbre d'une énumération restreinte

4.3 Le filtrage des trains à classifier

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la section 4.2, nous ne cherchons pas à examiner à chaque niveau de l'arbre tous les candidats possibles à la classification. Nous avons développé un algorithme de filtrage afin de ne choisir que les candidats les plus intéressants selon certains critères. Sommairement cette procédure est composée des trois étapes décrites à la figure 4.3.

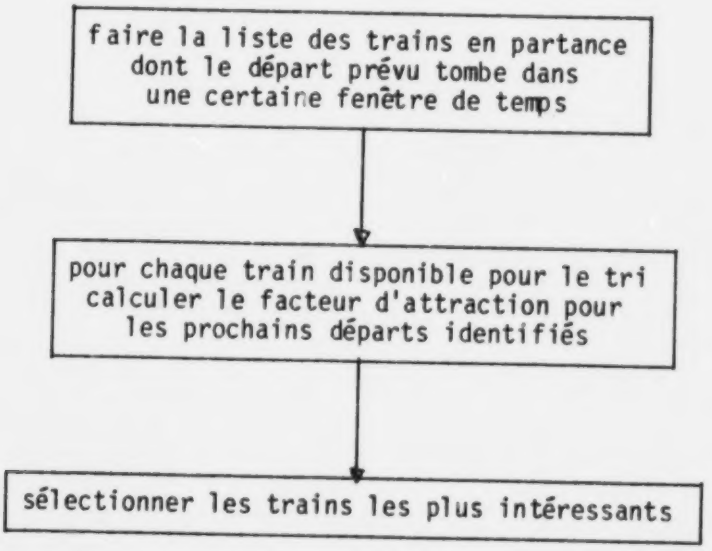


Figure 4.3 : Le processus de filtrage des trains

4.3.1 Identification des prochains départs

Comme une partie importante de notre approche repose sur une bonne modification de l'horaire, nous accordons une importance plus grande aux premiers départs prévus. Ceci part de l'analyse que normalement plus le départ prévu est pour bientôt, plus il est important de classifier les trains ayant des wagons pour ces départs afin d'éviter de devoir retarder les départs ou de manquer une occasion de faire partir un bloc de wagons plus tôt.

Parmi les prochains trains en partance, nous ne considérons que ceux pour lesquels :

(a) on attend dans la journée d'opération suffisamment de wagons pour considérer la possibilité d'un départ tel que prévu par l'horaire maître;

(b) le départ est prévu pour une période de temps limitée à partir du moment où nous cherchons à fixer le choix du prochain train à trier (HACT).

4.3.2 Le calcul du facteur d'attraction

Le rôle du facteur d'attraction des trains dans le faisceau de réception au temps HACT est de nous permettre de discriminer ces trains de façon à ne conserver que les plus intéressants pour nous en regard des prochains trains en partance identifiés précédemment.

Nous faisons l'inventaire des trains actuellement sur le faisceau de réception et disponibles pour être classifiés. Un train est considéré disponible s'il est dans le faisceau de réception et que l'opération de réception-inspection a été complétée. Puis nous effectuons le calcul du facteur d'attraction pour les trains en partance des trains disponibles pour être triés. Nous avons développé deux façons de calculer ce facteur d'attraction.

La première option consiste à faire simplement le calcul du nombre de wagons sur le train du faisceau de réception qui peuvent faire une correspondance avec un des trains en partance identifié.

Le facteur d'attraction pour le train i est donc :

$$F_i = \sum_{t \in T_D} N_{it}$$

où

- T_D est l'ensemble des prochains départs identifiés.
- N_{it} est le nombre de wagons sur le train i pouvant faire une connexion avec le train en partance t.

Le facteur d'attraction tel que défini précédemment ne tient pas compte de l'importance relative pour les trains en partance des blocs de wagons sur les trains à classifier. Ce facteur ne permet pas de distinguer deux blocs de wagons ayant le même nombre de wagons mais sur deux trains à classifier distincts et affectés à deux trains en partance différents. Par exemple, on ne tient pas compte du temps qu'il reste avant le départ des deux trains, ou si l'un des blocs, contrairement à l'autre, permet le départ d'un des deux trains. Le facteur ne tient pas non plus compte du nombre de wagons manquants au train en partance pour que leur départ soit autorisé.

Nous avons développé un deuxième facteur d'attraction pour tenir compte davantage de la situation présente dans la gare de triage au moment du choix du prochain train à classifier.

La deuxième option fait un calcul un peu plus élaboré, dans le sens où nous pondérons dans le calcul du facteur d'attraction l'importance relative des wagons pouvant réussir leur connexion avec les prochains trains en partance. Pour chaque train i sur le faisceau d'attraction nous calculons son facteur d'attraction comme suit :

$$F_i = C \sum_{t \varepsilon T_D} \frac{N_{it}}{E_t \; T_t}$$

où :

- E_t est le nombre de wagons manquants au train t pour atteindre le nombre de wagons nécessaires pour autoriser son départ (LMOY).
- T_t est le temps qu'il reste avant le départ prévu du train t ($T_t = h^1_{tk}$ - HACT).
- C est une constante d'échelle.

Pour ne pas favoriser les trains ayant un trop grand nombre de wagons pour un certain train en partance, nous limitons la valeur de N_{it}

$$N_{it} \leq E_t + LMAX - LMOY$$

(LMAX est le nombre maximum de wagons qu'un train en partance peut avoir.)

Cela devrait favoriser le départ des trains avec le plus grand nombre possible de wagons, car, si

$$E_t \quad N_{it} \leq E_t + LMAX - LMOY$$

pour un certain train i alors le quotient $\frac{N_{it}}{E_t} > 1$, et ce train sera favorisé par rapport à un autre train ℓ pour lequel on aurait seulement $N_{\ell t} \leq E_t$ en ce qui regarde le train en partance j.

Une grande valeur de F_i signifie que le train i a un assez grand nombre de wagons pour des trains partant relativement bientôt. Une petite valeur signifie que le train i a peu de wagons pour les prochains trains en partance.

La première option tient compte de moins de facteurs que celle-ci. En effet la première option ne fait pas de distinction entre, par exemple, dix wagons qui permettent un départ prochainement et dix autres wagons pour un départ relativement lointain pour un train qui aura besoin de beaucoup plus de wagons pour permettre son départ.

Nous avons mis en annexe A, des exemples de calcul du facteur d'attraction et les conséquences possibles sur la liste retenue des candidats selon l'option choisie pour le calcul. Nous faisons, à l'annexe G, une comparaison des deux options sur un exemple complet, puis une analyse de l'impact de ces deux tactiques sur les performances de l'algorithme.

4.3.3 La sélection des candidats à la classification

Nous examinons les trains disponibles pour l'opération de classification au temps HACT en comparant leur facteur d'attraction et ne retenons qu'un certain nombre des trains pour l'étape suivante. La sélection des trains n'est pas faite de la même façon selon l'option choisie pour évaluer le facteur d'attraction.

Dans le cas de la première option, celle n'utilisant que le nombre brut de wagons pouvant réussir une connexion, nous n'allons retenir comme candidats à la classification que les trains nous permettant d'examiner un pourcentage (POURCEN), du nombre total de wagons identifiés comme pouvant réussir leur connexion avec les prochains départs.

Cela correspond à calculer une borne B, où

$$B = \text{POURCEN} \sum_{\ell=1}^{T_D} F_{i_\ell},$$

et à prendre comme candidats à la classification les j trains ayant le plus grand facteur d'attraction, où j est le premier indice tel que

$$\sum_{\ell=1}^{j} F_{i_\ell} \geq B \qquad \text{où } 1 \leq j \leq T_D$$

où

$[i_\ell]_1^{T_D}$ est la suite ordonnée des trains selon leur facteur d'attraction.

Afin d'avoir un minimum de candidats pour cette sélection basée sur un critère très simple, nous avons adopté deux mesures supplémentaires avant de compléter notre choix de candidats.

1. Si les prochains trains dans la suite $[i_\ell]$ après le dernier train j* retenu ont un facteur très près de celui de j*, nous allons les inclure dans notre liste. Ce que nous considérons comme très près, c'est une différence entre les deux facteurs d'attraction d'au plus 1.

2. Si malgré tout, après ce processus, nous n'avons pas sélectionné plus d'un train, nous considérons aussi comme candidat le train ayant le deuxième plus grand facteur d'attraction.

Dans le cas de la deuxième option, où nous calculons un facteur d'attraction pondéré, nous procédons comme suit.

La liste des candidats est composée des trains ayant un facteur d'attraction compris entre les deux bornes suivantes :

$$B_1 = \max_i F_i$$

$$B_2 = B_1 - \text{POURCEN}\ (B_1 - B_0)$$

où $B_0 = \min_i F_i$

Comme les facteurs calculés par cette méthode devraient être plus discriminants dans le sens où ils tiennent davantage compte de la situation de la gare, nous n'avons pas exigé de mesures particulières comme de demander, lorsque possible, un minimum de trains sélectionnés comme candidats.

Le paramètre POURCEN est celui qui nous permet de contrôler la largeur de notre recherche dans l'arbre en limitant le nombre de candidats considérés.

Nous retrouvons en annexe A des exemples de sélection des trains à considérer dans l'énumération selon chacune des deux options.

4.4 Évaluation d'une séquence de classification

4.4.1 Le parachèvement d'une séquence de classification

Dans le processus de détermination du prochain train à trier, nous construisons une séquence de classification que nous voulons aussi près que possible de la séquence optimale pour la période étudiée. Cependant nous ne pouvons pas évaluer toutes les séquences possibles à cause de leur

trop grand nombre, mais nous nous contentons plutôt d'un ensemble restreint de sous-séquences de longueur déterminée. Indépendamment de la longueur de la séquence considérée, il nous reste le plus souvent un certain nombre de trains non encore classifiés. Afin d'avoir une mesure des conséquences possibles de ne pas avoir trié ces trains, nous procédons au parachèvement de la séquence. L'objectif de ce processus est de simuler ce qui pourrait arriver de mieux par la suite : la classification de tous ces trains après la classification du dernier train de la séquence. Cette situation ne correspond pas à quelque chose de réalisable mais nous permettra de faire une évaluation approximative du coût correspondant au choix de cette séquence.

En fait, le processus suivi est très simple. Nous considérons les trains non encore triés à la fin de la séquence selon l'ordre de leur mise en disponibilité pour la classification dans le faisceau de réception. Chaque train suit alors la procédure de classification décrite dans la section 4.5.

Ainsi, nous considérons tous les trains non triés à HINF (heure de fin de l'opération de triage du dernier train de la séquence), comme devant être classifiés à HINF.

Aprés avoir traité tous les trains ainsi, nous examinons les trains en partance et fixons leur heure de départ à l'heure la plus rapprochée possible (pour plus de détail voir la section 4.5).

En ayant ainsi cette situation "idéale", nous pouvons dès lors procéder à l'évaluation du coût de la séquence et obtenir ainsi une estimation des coûts pour la période étudiée.

4.4.2 L'évaluation du coût d'une séquence

Pour l'évaluation de la fonction économique pour une séquence donnée, nous considérons l'affectation de tous les blocs de wagons dans la gare tel que fixé à la suite du parachèvement de la séquence.

Pour les wagons déjà classifiés au début de la période, nous calculons la durée du séjour de chaque wagon en évaluant :

SEJ = (HDEP - HACT)

où HDEP est l'heure de départ prévue pour ce bloc.

Pour les wagons sur des trains non triés au début de la période, nous faisons pour chacun des blocs de ces trains l'évaluation de :

SEJ = (HDEP - HARR)

où HARR est l'heure d'arrivée du train sur lequel se trouvait le wagon lors de son arrivée en gare.

Le coût total d'une séquence est calculé en faisant la somme de la durée du séjour de chacun des wagons que l'on vient de considérer. Puis nous pouvons calculer la durée du séjour moyen en divisant le coût total (la durée totale de tous les séjours des wagons) par le nombre total de wagons traités.

Suite à l'évaluation du coût d'une séquence, nous comparons le coût obtenu avec celui de la meilleure séquence trouvée à ce moment dans le cadre de notre recherche du prochain train à classifier au temps HACT. Nous conservons la meilleure séquence des deux. Cette comparaison est faite sur la base de la durée du séjour moyen des wagons, devant faire une connexion, qui sont ou seront en gare avant la fin de la période étudiée. Nous utilisons le séjour moyen afin d'éliminer les différences superficielles pouvant exister entre les coûts totaux de deux séquences.

Lors du choix d'une nouvelle séquence nous permettant de déterminer le prochain train à classifier, nous conservons l'horaire des départs obtenus suite à la classification soit du premier ou du parachèvement de cette séquence. Nous discuterons de l'impact de ces deux tactiques dans le prochain chapitre.

4.5 Modification de l'horaire des trains en partance

Lors de la classification d'un train à une étape donnée nous ajustons l'horaire des trains en partance au flot des wagons vers le faisceau de classification. Nous fixons alors l'assignation des blocs de wagons triés au train en partance et modifions en conséquence l'horaire de départ des trains. Comme nous le verrons au prochain chapitre, la stratégie développée pour modifier l'horaire des trains en partance est très efficace pour produire un horaire s'adaptant bien à la séquence de classification choisie pour minimiser la durée du séjour des wagons dans la gare.

4.5.1 Vérification des correspondances

Dans un premier temps nous prenons successivement tous les blocs de wagons sur le train trié, identifiant leur correspondance avec les trains en partance. Nous vérifions alors s'il n'est pas possible de trouver un autre train partant plus tôt qui pourrait prendre ces wagons. Si oui, nous changeons l'affectation de ces wagons pour le nouveau train en partance identifié. Par cette opération nous nous constituons une liste des trains en partance qui devraient recevoir des wagons du train que l'on veut classifier. Nous sommes prêts alors à procéder à l'évaluation de l'impact de ces affectations sur l'horaire et à confirmer ou non celles-ci.

4.5.2 Mesure de l'impact de l'affectation sur l'horaire

Cette étape constitue, comme nous le verrons plus loin, un facteur majeur pour l'efficacité de l'algorithme. En effet, les décisions prises au niveau de cette procédure ont des implications sur la solution que nous

pourrons trouver. C'est ici que l'on confirme les correspondances, procède à des modifications importantes à l'horaire et autorise les départs des trains.

Examinons dans un premier temps la structure de cette facette de l'algorithme avant de discuter de la stratégie de modifications de l'horaire utilisée.

Pour le prochain train en partance considéré, nous avons :

HFIN = l'heure où devrait se terminer la classification courante,

HINF = l'heure la plus rapprochée après la classification à laquelle pourrait partir un train, (HINF=HFIN+DL1)

DL1 = délai minimum pour procéder aux opérations d'assemblage et d'inspection des trains en partance,

HSUP = l'heure approximative la plus rapprochée après la prochaine classification à laquelle pourrait partir un train (HSUP=HFIN+DL2),

DL2 = approximation du délai nécessaire pour la fin de l'opération de classification du prochain train trié (=DL1 + temps moyen pour la classification d'un train),

HDEP = l'heure de départ prévue pour le train,

DQW = le nombre de wagons que le train en partance a au début de la classification courante,

FQW = le nombre de wagons que le train en partance pourrait avoir suite à la classification courante.

LMIN = le nombre minimal de wagons que doit avoir un train en partance pour que son départ puisse être autorisé.

TDLAI = le délai encouru pour les wagons déjà dans le faisceau de classification si on décide d'attendre les nouveaux wagons,

WDLAI = le délai encouru par les wagons de la classification courante si le train part sans les attendre.

Pour modifier l'heure de départ des trains, nous procédons comme suit :

Pour le train que l'on classifie :

1. Classer les trains en partance devant recevoir des wagons selon leur heure de départ actuellement prévue.

2. S'il ne reste plus de train en partance à examiner STOP.
   Sinon, pour le prochain train en partance on détermine DQW, FQW, HDEP, et on pose :
   HINF = HFIN+DL1,
   HSUP = HFIN+DL2.

3. Si FQW > LMAX
   alors reviser la distribution des wagons à classifier et retourner à l'étape 1.
   Sinon si DQW > LMIN aller à l'étape 5.

4. (cas où DQW < LMIN)
   Si (FQW < LMIN) alors
      si (HDEP < HSUP) alors HDEP = HSUP
      (on retarde le train suffisamment car nous n'avons pas assez de wagons).
   Sinon (cas FQW > LMIN)
      si (HDEP < HINF) ou (FQW > LMOY) alors HDEP=HINF.
   Puis aller à l'étape 6.

5. (cas où DQW > LMIN)
   (deux cas sont alors possibles selon que nous adoptons une stratégie spéciale pour la modification de l'horaire ou non).
   Si (stratégie spéciale adoptée) aller à 5A.
   Sinon aller à l'étape 5B.

5A. (stratégie spéciale pour modifier l'horaire)
   Calculer TDLAI et WDLAI (à la section 4.5.3 nous expliquons comment sont faits ces calculs).
   Si (WDLAI > TDLAI) alors on décide d'attendre les wagons et de plus si (HDEP < HINF) ou (FQW > LMOY) on pose HDEP = HINF.

Sinon (cas où WDLAI < TDLAI) on fait partir le train sans attendre et nous répartissons les wagons ainsi délaissés vers un prochain train en partance et on retourne à l'étape 1.
Aller à l'étape 6.

5B.(cas où aucune stratégie spéciale n'est prise pour modifier l'horaire)
Si (HDEP < HINF) alors on fait partir le train sans attendre les wagons de la classification courante, ces wagons sont répartis vers les prochains trains en partance, et on retourne à l'étape 1.
Sinon on passe à l'étape suivante.

6. On affecte le bloc de wagons actuellement examiné au train en partance considéré, et on autorise le départ du train si (FQW > LMOY).
Retourner à l'étape 2.

Lorsque nous décidons de faire partir un train sans attendre les wagons considérés pour la classification, nous choisissons comme hypothèse d'heure de départ :

HMOD = LFIN+DL1

où LFIN est l'heure de la fin de la dernière opération de classification ayant fourni des wagons pour le train en partance considéré.

Nous avons HMOD > HACT, l'heure actuelle, c'est-à-dire l'heure pour laquelle nous voulons choisir le prochain train à classifier.

Mais, nous fixons l'heure de départ en posant :

HDEP = max {HMOD, HACT+DLØ}

où DLØ : période durant laquelle on ne peut faire partir aucun train non déjà prévu durant celle-ci.

L'alternative est nécessaire, elle constitue une contrainte d'opération car nous ne pouvons pas avancer le départ d'un train non prévu pour les trois prochaines heures dans un intervalle de temps à venir inférieur à trois heures.

4.5.3 Le calcul des délais

Le calcul de TDLAI se fait comme suit :

TDLAI = (HINF - HDEP) * DQW

où

- HINF est l'heure du départ le plus tôt si le train en partance attend les wagons du train à être trié;
- HDEP=max {HMOD,HACT+DLØ} est l'heure de départ du train en partance si on décide de le faire partir sans attendre les wagons du train à être trié. Nous avons HDEP plus petit ou égal à l'horaire initialement prévu.
- DQW est le nombre de wagons sur le train trié pour le train en partance.

Le calcul de WDLAI se fait comme suit :

WDLAI = 0

TANT QUE liste des blocs de wagons du train à être trié devant faire leur connexion avec le train en partance considéré n'est pas vide FAIRE

DEBUT

trouver le prochain départ pour ce bloc

poser WDLAI = WDLAI + (NEXH - HINF) * NB

FIN

où

- NEXH est l'heure de départ prévue pour le prochain départ identifié du bloc.
- NB est le nombre de wagons du bloc.

Dans le cas où (WDLAI < TDLAI) nous devons faire une redistribution des blocs de wagons du train à être classifié du train en partance considéré aux différents prochains trains en partance trouvés lors du calcul de WDLAI.

On trouve en annexe B un exemple d'évaluation de la mesure de la classification d'un train sur l'horaire des départs selon chacune des deux stratégies de modification de l'horaire.

Dans le prochain chapitre nous allons étudier l'efficacité de l'algorithme que nous venons de présenter.

CHAPITRE V

LES RÉSULTATS

Dans le présent chapitre, nous allons regarder les performances de l'algorithme sur deux ensembles de données provenant de situations à la gare Taschereau du Canadien National à Montréal. Pour ce faire, nous avons écrit un programme en FORTRAN 77 (le programme TRAIN que l'on trouve à l'annexe D) qui nous permet de faire une évaluation des performances d'une gare de triage qui utiliserait une stratégie d'opération découlant de notre algorithme.

Après une présentation des données utilisées pour cette étude, nous discuterons du choix d'une bonne stratégie parmi les variantes possibles découlant de notre algorithme. Par la suite, nous ferons une étude comparative entre notre stratégie d'opération et des stratégies plus simples d'opération, la stratégie proposée par le modèle HSS de Shi et la stratégie utilisée par le directeur de triage.

5.1 Les données utilisées

Le premier ensemble de données provient de la gare de Taschereau à Montréal. Il consiste en la description détaillée des trains arrivant en gare. Pour chacun des trains, nous avons son nom, son heure d'arrivée et, pour leurs wagons, l'étiquette indiquant la connexion souhaitée, l'heure de départ prévue et leurs longueur et poids. On trouvera à l'Annexe C le détail des informations disponibles pour la période utilisée lors de nos tests.

L'unité de temps utilisée est le centième d'heure et le temps 0 est 0:01 le 1er janvier 1981.

Par exemple, le train no 308 dont l'arrivée est notée 205616 correspond à un temps d'arrivée de 2056 heures et 10 minutes après 0:01 le 1er janvier. Nous avons donc 85 jours 16 heures et 10 minutes écoulés depuis le début de l'année. Cela correspond donc à une arrivée le jeudi 26 mars à 16:10. D'autre part, ce train no 308 est constitué de 23 blocs de wagons (nous avons limité la longueur d'un bloc à 15 wagons afin de favoriser la redistribution des blocs vers les trains en partance). Nous avons

Tableau 5.1 : Horaire de départ des trains

NOM	DESTINATION	HEURE DE DÉPART	JOUR	ÉTIQUETTES
T002	Local	06:30	1111100	840-854-932-935-939-940
T004	"	18:30	1111100	854-888-939
T022	"	12:00	1111111	805
T048	"	16:00	1111100	807
T062	"	06:30	1111100	814-862
T066	"	23:30	1111100	133-138-820-828-920-928
T067	"	22:00	1111100	811-860
T071	"	07:00	1111100	819
T073	"	08:00	1111100	921-925
T075	"	17:00	1111111	919
T077	"	17:00	1111111	921
T082	"	07:30	0111111	177
T084	"	15:30	1111111	177
T086	"	23:30	1111111	177
T091	"	04:30	1111111	834-836-837
T093	"	12:45	1111100	834-836-837
223	"	21:30	0000100	102-109
301	Calder	02:00	1111111	102-109
305	MacMillan	17:00	1111111	106
306	Halifax	13:00	1111111	170-173-181-381-473-481-581
317	MacMillan	04:45	1111111	000-121-902-913 915-917-999
337	Symington	06:00	1111111	102-113-125-127-128-222-413
340	Sydney	03:00	1111111	170-173-181-381-473-481-581
344	Campbellton	18:30	1111111	076-164-168-176-179-183-564-567-763
385	MacMillan	14:30	1111111	106-116-120-122-306-406-506-706-722
393	Chicago	11:15	1111111	105-107-108-111-112
394	Portland	03:30	1111111	165-169-172-180-182
397	MacMillan	05:30	1111111	008-106-116-120-122-306-406-506-706-722
399	MacMillan	21:00	0111111	120-122-306-406-506-706-722
419	Senneterre	21:30	1111111	153-155-158
426	Richmond	23:30	1111111	182
427	Jonquiere	03:00	0111111	152-156-157-656-756-938
432	Rouses Point	10:30	1111111	101-119
436	Massina	11:30	1111110	103-124-615-715
[illegible]	St-Albans	02:30	1111111	110-117-123-126-129
[illegible]	Sorel	14:30	1111111	171-174-175-178
589	Local	19:00	1111110	820-827-920-927

ainsi un bloc dont les wagons sont marqués de l'étiquette 183 et composé de 10 wagons d'une longueur totale de 539 pieds. Ce bloc de wagons doit réaliser sa connexion avec le train en partance numéro 344 devant partir à 208250, i.e. le 27 mars à 18:30.

L'horaire hebdomadaire des trains en partance se trouve dans le tableau 5.1. Ce tableau se lisant comme suit : le départ du train no 436 pour Massina est prévu à 11:30 du lundi au samedi et doit être composé de wagons ayant des étiquettes 103, 124, 615 et 715.

Cet horaire a été dérivé de l'horaire régulier du CN du printemps 1981. Nous avons fait certaines modifications afin d'adpater l'horaire aux données que nous avions. Nous avons éliminé quelques trains peu utilisés et nous avons réaffecté leurs étiquettes à d'autres trains ayant la même destination. D'autres modifications ont été apportées, pour faire correspondre le mieux possible à ce qui s'est passé en réalité, aux affectations des étiquettes aux trains en partance. Finalement, lors de la lecture des données, nous adaptons l'horaire à la situation de la période considérée. On trouvera à l'annexe E, l'horaire initial utilisé par le programme.

Le deuxième ensemble de données est celui utilisé pour comparer l'approche utilisée dans cette étude et celle appliquée par le modèle HSS. Nous décrirons cet ensemble à la section concernée 5.5.

5.2 Choix de la meilleure stratégie

Au chapitre 4, lors de la présentation de l'algorithme, nous n'avons pas discuté des stratégies d'opération possibles qui en découlent. Certains paramètres ont une influence directe sur la stratégie appliquée par le programme. Dans la présente section nous chercherons à fixer les valeurs de ces paramètres afin d'obtenir une stratégie fiable lorsque vient le temps de choisir le prochain train à classifier. Nous entendons

par stratégie fiable, une stratégie fixant le choix du prochain train à trier près du choix optimal, et pouvant également, sur une longue période de travail, nous fournir une bonne solution le plus souvent possible.

Dans la section suivante, nous procéderons à des comparaisons entre la stratégie identifiée et des stratégies plus simples.

5.2.1 Les paramètres à fixer

Afin de fixer les valeurs des paramètres déterminant la stratégie, nous avons fait une série de tests et nous avons cherché quel ensemble de valeurs nous donnait, de façon générale, une bonne solution avec des temps de calcul raisonnables. On trouve à l'annexe C une description détaillée de tous les paramètres.

Nous voulons fixer les valeurs des paramètres suivants :

. pour restreindre l'ampleur de l'énumération des séquences :

i) PROF, la longueur de la séquence construite dans l'énumération.

Bien que nous puissions prendre $1 \leq PROF \leq 6$, nous avons principalement travaillé avec PROF=2, 3, 4.

ii) POURCEN, qui permet de déterminer le nombre de trains à considérer à chaque niveau de l'énumération.

Bien que nous puissions prendre $0 < POURCEN \leq 1$, nous avons principalement travaillé avec POURCEN=0.50 et 0.90.

. STW, qui permet de choisir la stratégie de filtrage des trains à classifier.

i) STW=filtrage pondéré (P)

On pose $F_i = 10^5 \sum_{t \in T_D} \frac{N_{it}}{E_t \, T_t}$, et on procède au filtrage en conséquence.

ii) STW=filtrage simple (S)

On pose $F_i = \sum_{t \in T_D} N_{it}$ et on procède au filtrage en conséquence.

. HORD, qui nous permet de conserver l'horaire de notre choix suite à la sélection de la séquence par l'énumération restreinte.

i) HORD=premier train (P)

On conserve l'horaire correspondant au premier train de la séquence.

ii) HORD=dernier train (D)

On conserve l'horaire correspondant au parachèvement de la séquence.

. TDEP, qui nous permet de délimiter l'intervalle dans lequel nous prendrons les prochains trains en partance durant le processus de filtrage.

Nous considérerons TDEP=100,200 ou 400 centièmes d'heure.

. ESSAI, qui nous permet de nous assurer de la qualité du choix du prochain train à classifier identifié par l'énumération restreinte. Cela est fait en construisant par une répétition de l'énumération restreinte une séquence de classification couvrant une période de temps égale à DURE. Cela nous permet de déterminer l'horaire de départ des trains que nous devrions avoir après une période de temps de DURE si l'on poursuit dans la direction identifiée par l'énumération restreinte. Si les différences entre cet horaire et l'horaire courant sont jugées suffisamment importantes (selon le paramètre EPS, voir plus loin), nous allons recommencer tout le processus de sélection du prochain train à classifier avec le nouvel horaire. Cela pourra éventuellement nous permettre de mieux profiter de l'horaire.

i) ESSAI=variable

Nous faisons alors varier DURE proportionnellement à la valeur du paramètre PROF. (voir annexe C)

ii) ESSAI=FIXE

Nous gardons alors DURE à la valeur fixée en entrée. Dans ce cas, nous avons généralement considéré DURE=00 centièmes d'heure. Cela a comme effet de ne pas considérer de deuxième séquence pour contrôler les modifications à l'horaire de départ des trains.

. PORTION, qui est le paramètre utilisé pour fixer l'horaire suite à la sélection du prochain train à classifier. Il est utilisé pour faire la moyenne pondérée entre l'horaire au début et à la fin de l'énumération.

i) PORTION=0

Nous gardons l'horaire initial (H1).

ii) PORTION=1

Nous gardons l'horaire déterminé selon le paramètre HORD (H2).

iii) 0<PORTION<1

Nous prenons comme nouvel horaire :

HDEP=(1-PORTION)*H1 + PORTION*H2.

. EPS, qui est le paramètre contrôlant l'ampleur tolérée des modifications à l'horaire sans qu'il soit nécessaire de recommencer le processus de sélection du prochain train à trier.

Nous avons travaillé avec EPS=1000, 2500, 5000 et 10000 centièmes d'heure.

Tous ces paramètres n'ont pas la même importance face à la décision que nous devons prendre à un certain moment sur le prochain train à classifier. Comme nous travaillons avec un horizon limitant l'information disponible aux trains en gare ou arrivant durant les six prochaines heures, la décision prise doit être très bonne à court terme. Nous pouvons nous assurer de la qualité de notre choix jusque là. C'est lorsque nous dépassons cet horizon que nous ne pouvons garantir la qualité de notre

choix. L'algorithme doit être en mesure de faire face à une nouvelle situation de façon à conserver une bonne moyenne de la durée des séjours. Nous ne pourrons pas être certains d'avoir obtenu la journée globalement la meilleure, mais devons essayer de construire une bonne journée d'opération par étape.

Nous ne discuterons pas immédiatement du paramètre qui détermine la stratégie de modifications de l'horaire (STRA) car, comme nous le verrons plus loin, la stratégie simple n'est pas compétitive avec l'autre.

Les paramètres qui jouent un rôle important dans la stratégie pour déterminer le prochain train à classifier sont PROF, POURCEN, STW et TDEP. Les paramètres HORD, DURE, PORTION et EPS ont un impact indirect car, dépendant de leur valeur, ils peuvent nous obliger plus ou moins souvent à faire une nouvelle itération avant d'arrêter notre choix.

Pour fixer les valeurs de ces paramètres, nous avons fait une démarche en deux temps : premièrement en essayant d'identifier la meilleure stratégie pour le choix du prochain train à trier, et, deuxièmement, afin de s'assurer de la qualité de notre choix sur des périodes de travail de 6 heures et de 24 heures.

5.2.2 Le choix du prochain train à classifier

Nous voulons étudier les différentes stratégies possibles nous permettant d'arrêter notre choix sur le prochain train à classifier. Pour cela, nous avons examiné les résultats d'une série de tests portant sur une période de travail de six heures. Nous avons regardé comment s'était fait le choix du premier train de la séquence couvrant cette période. Nous avons les résultats dans le tableau 5.2. Ce tableau nous donne quel est le premier train choisi et le coût moyen de la séquence correspondante pour toutes les stratégies possibles avec EPS et PORTION fixés.

Tableau 5.2 : Comparaison entre différentes stratégies pour le choix du prochain train à classifier au temps TEMB

PROF	POURCEN	HORD	STW	TDEP											
				100				200				400			
				DURE				DURE				DURE			
				Variable		Fixé		Variable		Fixé		Variable		Fixé	
				Choix	Coût	Choix	Coût	Choix	Coût	Choix	Coût	Choix	Coût	Choix	Coût
1	0,90	P	P	-	-	447	1360	-	-	447	1360	-	-	447	1360
		P	S	-	-	447	1360	-	-	447	1360	-	-	447	1360
		D	P	-	-	447	1360	-	-	447	1360	-	-	447	1360
		D	S	-	-	447	1360	-	-	447	1360	-	-	447	1360
2	0,50	P	P	396	1361	396	1358	396	1361	396	1358	396	1361	396	1358
		P	S	396	1347	396	1352	308	1361	447	1358	447	1357	447	1348
		D	P	396	1343	396	1358	396	1343	396	1358	396	1343	447	1358
		D	S	396	1343	396	1352	447	1352	447	1348	447	1352	447	1348
2	0,90	P	P	447	1352	447	1348	447	1350	447	1348	396	1343	396	1352
		P	S	447	1352	447	1348	447	1350	447	1348	447	1350	396	1348
		D	P	447	1343	447	1348	447	1352	447	1348	396	1343	396	1348
		D	S	447	1352	447	1348	447	1350	447	1348	447	1350	396	1348
3	0,50	P	P	447	1387	447	1354	396	1376	396	1361	396	1376	396	1361
		P	S	396	1376	396	1347	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343
		D	P	447	1395	447	1354	396	1384	396	1361	396	1384	396	1343
		D	S	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343
3	0,90	P	P	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343
		P	S	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343
		D	P	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343	396	1366	396	1343
		D	S	396	1364	396	1343	396	1364	396	1343	396	1364	396	1343
4	0,50	P	P	396	1429	396	1359	396	1416	396	1359	396	1430	396	1359
		P	S	396	1406	396	1359	396	1395	396	1349	396	1399	396	1349
		D	P	396	1420	447	1356	396	1420	447	1359	396	1420	447	1359
		D	S	396	1395	396	1349	396	1395	396	1347	396	1395	396	1349
4	0,90	P	P	396	1394	396	1349	396	1399	396	1349	396	1399	396	1349
		P	S	396	1400	396	1349	396	1394	396	1349	396	1394	396	1349
		D	P	396	1397	396	1349	396	1394	396	1349	396	1394	396	1349
		D	S	396	1394	396	1349	396	1394	396	1349	396	1394	396	1347

TEMA = 205600 TEMB = 206000 EPS = 2500 PORTION = 0,80

Avant de faire nos constats sur ce tableau, il faut remarquer les coûts moyens plus élevés pour les solutions où DURE est variable (et PROF=4 particulièrement). Cela s'explique par l'horaire utilisé pour l'évaluation du coût des séquences. L'horaire utilisé pour ces solutions a été fixé suite à l'élaboration d'une deuxième séquence dans la procédure de sélection du prochain train à trier. À la fin de l'itération, l'horaire obtenu, même en gardant l'horaire obtenu suite au tri du premier train (HORD=P), correspond à l'horaire obtenu suite à la classification de trois

ou quatre trains et non pas d'un seul, comme dans les cas où dure est fixé à 0 centièmes d'heure. Avec la stratégie DURE variable, il y a donc moins de trains triés par la procédure de parachèvement de la séquence. Il en résulte un horaire plus proche de celui que nous devrions obtenir dans la réalité. Par conséquent, comme les trains partent généralement plus tard que dans le cas du parachèvement, le coût est plus élevé. Il faut donc, dans la lecture du tableau 5.2, faire attention lorsque nous voulons comparer les coûts. Il faut toujours se souvenir que nous obtenons des bornes inférieures approximatives aux coûts et non les coûts réels.

D'un examen du tableau 5.2 nous constatons :

- le choix du prochain train se fait essentiellement entre deux trains, les numéros 447 et 396, une seule stratégie retenant le train no 308.
- le choix du train numéro 447 se limite, à quelques exceptions près, aux stratégies pour lesquelles PROF 3 ou avec POURCEN=0.50.
- la variation des coûts d'une solution à l'autre est très faible. Ainsi, avec DURE fixé, ils varient de 1343 à 1360.
- le coût des solutions avec STW=filtrage simple (S) est généralement meilleur que celui trouvé avec STW=filtrage pondéré (P) lorsque les autres paramètres sont fixés.
- avec DURE fixé, la meilleure solution (coût moyen = 1343) est atteinte pour la majorité des combinaisons de PROF=3 et POURCEN=0,50 ou 0,90. Mais elle est toujours atteinte si PROF=3 et POURCEN=0.90. Les variations pour POURCEN=0.50 sont plus faibles lorsque TDEP est grand, ou que STW=filtrage simple (S).
- les solutions trouvées avec HORD=dernier train (D) sont généralement meilleures que celles trouvées avec HORD=premier train (P). Cependant la différence s'estompe si POURCEN=0,90.

Pour orienter davantage nos choix, nous avons fait certains tests pour essayer d'identifier des bons choix pour les paramètres STW, TDEP et HORD.

Le tableau 5.3 nous donne, pour les deux options possibles de STW, le choix fait du prochain train à trier lors de la première décision prise durant différentes périodes de travail de six heures déterminées par TEMA et TEMB. Nous pouvons constater que dans huit cas sur dix nous avons choisi le même train et que la différence des coûts moyens est d'au plus de quatre centièmes d'heures (2,4 minutes). On ne peut donc pas ici déterminer la meilleure option parmi les deux possibles.

Tableau 5.3 : Comparaison sur le paramètre STW pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes

TEMA	TEMB	STW			
		Filtrage			
		Pondéré		Simple	
		Choix	Coût moyen	Choix	Coût moyen
204500	206000	T090	1596	B811	1393
205000	206000	428	1383	428	1383
205200	206000	341	1313	341	1313
205200	205600	341	1359	341	1359
205600	206000	396	1461	396	1461
206000	206400	318	1522	318	1522
206400	206800	393	1817	393	1813
206800	207200	549	1311	318	1311
207200	207600	425	1155	425	1155
207600	208000	420	1291	420	1291

PROF = 3 EPS = 2500 DURE = 0 HORD = premier train
POURCEN = 0,90 PORTION = 0,80 TDEP = 200

Le tableau 5.4 reprend la même approche que dans le cas du tableau 5.3, sauf que cette fois nous faisons varier TDEP en laissant tous les autres paramètres fixes. Malgré que deux fois sur six nous avons choisi un autre train, avec dans un cas une différence de six minutes (0010), on constate encore une très grande ressemblance entre les solutions.

Tableau 5.4 : Comparaison sur le paramètre TDEP pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes

TEMA	TEMB	TDEP					
		100		200		400	
		Choix	Coût moyen	Choix	Coût moyen	Choix	Coût moyen
205200	205600	341	1359	341	1359	341	1359
205600	206000	396	1461	396	1461	396	1461
205600	206400	308	1665	T003	1665	T003	1665
206000	206400	428	1532	318	1522	318	1522
206400	206800	393	1817	393	1817	393	1817
206800	207200	549	1311	549	1311	549	1311

PROF = 3 EPS = 2500 HORD = premier train DURE = 0
POURCEN = 0,90 PORTION = 0,80 STW = filtrage pondéré

Le tableau 5.5 illustre exactement le même phénomène avec le paramètre HORD. Il y a encore très peu de différences pour les coûts et pour les choix seulement deux sur dix sont différents.

Tableau 5.5 : Comparaison sur le paramètre HORD pour le choix du prochain train à classifier à différentes périodes

TEMA	TEMB	HORD			
		premier train		dernier train	
		Choix	Coût moyen	Choix	Coût moyen
204500	206000	B811	1596	T090	1590
205000	206000	428	1383	428	1383
205200	206000	341	1313	396	1313
205200	205600	341	1359	341	1359
205600	206000	396	1343	396	1343
206000	206400	318	1522	318	1520
206400	206800	393	1817	393	1813
206800	207200	549	1311	549	1311
207200	207600	425	1155	425	1155
207600	208000	420	1291	420	1291

PROF = 3 EPS = 2500 DURE = 0 STW = Filtrage pondéré
POURCEN = 0,90 PORTION = 0,80 TDEP = 200

À ce stade, les résultats nous suggèrent que la meilleure stratégie devrait avoir :

PROF = 3 ou 4
POURCEN = 0,90
TDEP = 2 ou 4

et que les paramètres STW, HORD et DURE ne semblent pas avoir une importance très grande sur la qualité de la solution trouvée.

5.2.3 Le choix de la séquence de classification pour une période de travail de six heures

Le tableau 5.6 correspond aux résultats obtenus pour différents ensembles de valeurs des paramètres pour une période de travail de six

Tableau 5.6 : Coût moyen de la meilleure séquence pour une période de travail de six heures

PROF	POURCEN	HORD	STW	TDEP					
				100		200		400	
				DURE		DURE		DURE	
				variable	fixé	variable	fixé	variable	fixé
1	0,90	P	P	-	1518	-	1519	-	1522
		P	S	-	1518	-	1518	-	1518
		D	P	-	1520	-	1481*	-	1581*
		D	S	-	1524	-	1524	-	1524
2	0,50	P	P	1529	1531	1530	1522	1504*	1522
		P	S	1540	1508*	1530	1527	1536	1543
		D	P	1502*	1499	1502*	1499*	1502*	1499*
		D	S	1514	1511	1533	1533	1533	1533
2	0,90	P	P	1526	1513*	1532	1528	1514	1511
		P	S	1553	1513*	1535	1528	1535	1530
		D	P	1517	1523	1530	1525	1486*	1522
		D	S	1498*	1493*	1535	1533	1535	1531
3	0,50	P	P	1533	1525*	1498*	1522	1498*	1527*
		P	S	1537	1538	1514	1514	1514	1514
		D	P	1521	1522	1526	1526	1526	1526
		D	S	1514	1514	1514	1514	1514	1524
3	0,90	P	P	1494*	1519*	1514	1514	1514	1514
		P	S	1537	1529	1514	1514	1514	1514
		D	P	1528	1514	1497*	1486*	1497*	1486*
		D	S	1514	1514	1514	1514	1514	1514
4	0,50	P	P	1519*	1533*	1507*	1525*	1516*	1527*
		P	S	1543	1564	1520	1514	1520	1514
		D	P	1533	1556	1536	1527	1536	1526
		D	S	1520	1514	1518	1514	1532	1524
4	0,90	P	P	1524	1535	1520	1514	1520	1514
		P	S	1563	1533	1517	1514	1517	1514
		D	P	1520	1515	1500*	1488*	1500*	1488*
		D	S	1517	1514	1517	1514	1517	1514

* Coût calculé sur une base de 16 trains seulement.

TEMA = 205600 EPS = 2500
TEMB = 206000 PORTION = 0,80

heures. Ce tableau nous fournit le coût moyen de la meilleure séquence trouvée pour résoudre le problème de trouver une séquence de classification de TEMB à TEMB+600. Le tableau 5.2 nous donnait les coûts moyens pour le premier train retenu dans la meilleure séquence du tableau 5.6.

Nous devons cependant expliquer, avant d'analyser le tableau, certaines différences entre les coûts moyens observés. Comme d'une séquence à l'autre nous ne prenons pas nécessairement nos décisions au même moment, il résulte que d'une solution à l'autre nous n'avons pas toujours considéré le même ensemble de trains sur le faisceau de réception. Cette différence dépend du moment où nous avons avons pris notre dernière décision. En effet, pour celle-ci, nous considérons disponibles pour la classification tous les trains pour lesquels l'opération de réception- inspection aura été complétée avant le temps où nous devons prendre notre décision plus six heures. C'est pourquoi dépendant des solutions, nous avons considéré 16 ou 17 trains. Cela peut avoir des conséquences pour la solution que l'on trouve et l'évaluation de son coût. En effet, ne tenant pas compte des contraintes du dix-septième train, la solution trouvée pourrait ne pas être très bonne pour s'adapter à l'arrivée de ce dernier train.

Afin de pouvoir comparer les solutions trouvées, nous avons fait un test supplémentaire. Le tableau 5.7 nous donne les résultats de tests faits sur certaines stratégies appliquées à la construction d'une séquence de classification couvrant une période de six heures, mais n'utilisant que les trains disponibles avant TEMB+600. La séquence obtenue alors correspond à la meilleure séquence que nous avons pu construire selon une certaine stratégie avec l'information disponible pour le premier choix à poser lors de la période de travail de six heures. Avec la stratégie où PROF=6 et POURCEN=1,0, nous avons ce que nous pouvons considérer comme la meilleure solution possible dans ces circonstances.

Nous voyons à l'examen du tableau 5.7 que les solutions pour la période de travail de six heures qui ont retenu le train no 396 comme premier train de leur séquence ont fait "le meilleur choix possible". Et nous pouvons considérer dès lors dans le tableau 5.6 qu'il y a une certaine équivalence entre les solutions dont le coût moyen est de 1481 à 1486, pour les cas où nous avons considéré 16 trains, et celles dont le coût est de 1514-1517, pour les cas à 17 trains. Nous pouvons alors comparer les résultats obtenus pour la période de travail de six heures.

Tableau 5.7 : Comparaison pour identifier un bon premier choix d'une période de travail de six heures en ne considérant que les trains disponibles au début de la période

PROF	POURCEN	HORD	Choix du premier train	Coût
1	0,90	D	447	1416
3	0,90	P	396	1398
3	0,90	D	396	1401
6	1,00	P	396	1346

TEMA = 205600 EPS = 2500 DURE = 0 STW = filtrage pondéré
TEMB = 206000 PORTION = 0,80 TDEP = 200

. Les solutions avec PROF< 2 sont moins bonnes, nous ne choisissons pas le meilleur prochain train et les coûts des séquences sont plus élevés.

. Les solutions avec TDEP=100 sont moins stables qu'avec des valeurs supérieures. C'est avec TDEP=100 que nous rencontrons les moins bonnes solutions (les coûts moyens pouvant aller de 1540 jusqu'à 1564) indépendamment des valeurs de PROF ET POURCEN. D'autre part, nous pouvons noter peu de différence entre les solutions obtenues avec TDEP = 200 ou 400. Sinon que pour des petites valeurs de PROF, il est préférable de prendre TDEP=400.

. Il n'y a pas de différences significatives entre les solutions trouvées selon les valeurs de DURE obtenues en fonction de PROF (avec DURE varia-

ble) et celles avec DURE fixé à 0 peu importe la valeur de PROF. Cependant l'option DURE variable nous demande beaucoup plus d'efforts, comme on peut le constater en examinant le tableau 5.8.

Tableau 5.8 : Comparaison du travail nécessaire pour construire une séquence avec différentes valeurs de DURE pour une période de travail de six heures

PROF	DURE	Coût	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
2	0	1511	7	60	11,76
2	142	1514	8	144	26,82
3	0	1514	7	166	30,09
3	213	1514	8	531	87,65
4	0	1514	7	448	73,16
4	284	1520	8	1536	223,20

TEMA = 205600 EPS = 2500 POURCEN = 0,90 HORD = premier train
TEMB = 206000 PORTION = 0,80 TDEP = 400 STW = filtrage pondéré

. La paire STW=filtrage pondéré (P) et POURCEN=0.50 même avec PROF = 3 ou 4 est trop restrictive et ne donne pas de bonnes solutions. Cela provient de la façon d'effectuer la sélection des trains avec cette option de filtrage. Contrairement à l'autre option, elle discrimine un plus grand nombre de trains. Le tableau 5.9 illustre ce phénomène.

Cela illustre la grande sélectivité de l'option du filtrage pondéré (P). Une petite variation de la valeur du paramètre POURCEN entraîne une grande variation du nombre de branches observées contrairement à l'option du filtrage simple (S). Dans ce cas, nous avons une baisse beaucoup moins rapide du nombre de branches examinées lorsque POURCEN diminue. C'est pourquoi, pour une même valeur de POURCEN, nous avions pu à l'occasion constater que l'option STW=filtrage simple (S) obtenait de meilleurs résultats. Nous devions examiner alors un plus grand nombre de branches.

Tableau 5.9 : Nombre de branches examinées pour des stratégies avec POURCEN et STW variables

POURCEN	STW = filtrage pondéré				STW = filtrage simple			
	Séquence[1]	Coût moyen	Nombre de branches	%[2]	Séquence[1]	Coût moyen	Nombre de branches	%[2]
0,50	3-5-2-4-8-10-6	1403	202	0,6	3-5-1-4-8-10-6	1411	1379	3,9
0,90	3-5-1-4-8-10-6	1410	3548	10,0	3-5-1-4-8-10-6	1405	7662	21,7
0,99	3-5-1-4-8-10-6	1351	15085	42,7	3-5-1-4-8-10-6	1372	13755	38,9
1,00	3-5-1-4-8-10-6	1346	35332	100	3-5-1-4-8-10-6	1372	16178	45,8

TEMA = 205600 EPS = 2500 HORD = premier train PROF = 6
TEMB = 206000 PORTION = 0,80 TDEP = 200 DURE = 0

Les solutions correspondent à la meilleure séquence trouvée couvrant la période TEMB à TEMB+600 en utilisant l'information sur les trains disponibles pour la classification avant TEMB+600.

[1] La séquence est identifiée à l'aide de l'ordre d'arrivée des trains en gare. On peut retrouver le nom du train correspondant à ce numéro en examinant la liste des trains à classifier à l'annexe F.

[2] Ce pourcentage est calculé par rapport aux nombres de branches examinées dans le cas de STW = filtrage pondéré et POURCEN = 1,00.

Nous remarquons également dans ce tableau que, bien que dans certains cas nous trouvons la même séquence, nous n'avons pas nécessairement le même horaire. C'est ce qui explique la différence entre les coûts moyens.

. La paire STW=filtrage simple (S) et POURCEN=0,50 nous donne de meilleurs résultats que la précédente mais pas de façon systématique. Par exemple nous obtenons de mauvaises solutions avec :

- PROF=4, HORD=dernier train (D), TDEP=400 et DURE=0
- PROF=4, HORD=premier train (P), TDEP=100 et DURE=0

Avec le tableau 5.10, nous pouvons comparer entre elles les performances de ce que l'on peut considérer comme l'ensemble des meilleures stratégies pour le choix du prochain train à classifier.

De cette comparaison, il ressort qu'une stratégie ayant la combinaison STW=filtrage pondéré (P) et HORD=premier train (P) est beaucoup plus rapide que n'importe quelle autre stratégie.

Tableau 5.10 : Comparaison sur le travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de travail de six heures selon différentes stratégies

PROF	POURCEN	HORD	STW	TDEP	Coût	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
3	0,50	P	S	200	1514	7	119	21,76
3	0,50	P	S	400	1514	7	104	18,42
3	0,90	P	P	200	1514	7	177	31,63
3	0,90	P	P	400	1514	7	166	30,09
3	0,90	P	S	200	1514	7	252	43,78
3	0,90	P	S	400	1514	7	305	53,35
3	0,90	D	P	200	1486	9	241	42,37
3	0,90	D	P	400	1486	9	250	44,29
3	0,90	D	S	200	1514	9	580	98,03
3	0,90	D	S	400	1514	9	667	113,51
4	0,50	P	S	200	1514	7	276	45,79
4	0,50	P	S	400	1514	7	235	38,84

TEMA = 205600 TEMB = 206000 EPS = 2500 PORTION = 0,80 DURE = 0

Comme prendre une valeur de PROF>4 est beaucoup plus coûteux (surtout si POURCEN=0,90), nous choisissons de préférence une stratégie avec PROF=3 qui est plus rapide et en même temps tient suffisamment compte de ce qui pourrait arriver étant donné le choix que l'on fait.

Comme nous avons constaté plus de variation dans le type de solutions avec POURCEN=0,50, il est préférable de choisir une stratégie avec POURCEN=0,90.

En conclusion, si nous adoptons la stratégie avec comme paramètres:

PROF=03 STW=filtrage pondéré TDEP=200
POURCEN=0,90 HORD=premier train DURE=0

nous avons un stratégie qui, à la fois, trouve une bonne solution, tient suffisamment compte du futur, est stable et relativement rapide pour être utilisable selon les besoins.

5.2.4 Le choix de la séquence de classification pour une journée complète de travail

Nous n'avons pas encore discuté des paramètres EPS et PORTION qui contrôlent l'ampleur des modifications à l'horaire. Pour une période de travail d'une journée complète, nous avons obtenu, avec la meilleure stra-

tégie choisie précédemment (en posant EPS=2500 et PORTION=0,80), des modifications à l'horaire pour un total de 158,79 heures pour une séquence de 24 trains. Ce qui nous fait une moyenne de 6,62 heures à chaque train que nous classifions. Nous observons une variation des modifications d'une itération à l'autre de 0 à 52,28 heures, avec un seul dépassement de la borne EPS.

Il ne faut pas choisir EPS trop petit car cela peut avoir des effets sur la performance de l'algorithme (en obligeant de faire plus souvent une nouvelle itération avant de fixer notre choix) sans nécessairement améliorer la solution trouvée. Le tableau 5.11 compare pour deux stratégies différentes le travail nécessaire pour construire une séquence de classification pour une période de travail de 24 heures avec différentes valeurs de EPS. Nous constatons par l'analyse de ce tableau qu'il faut calibrer EPS en fonction de l'ampleur des modifications que la stratégie permet. Ainsi avec HORD=dernier train, il est préférable de prendre EPS=10000, tandis qu'avec HORD=premier train, EPS=2500 est préférable.

Tableau 5.11 : Comparaison sur le travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de 24 heures pour différentes valeurs de HORD et EPS

HORD	EPS	Coût	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
premier train	1000	1655	30	461	90,80
	2500	1655	25	400	78,05
	10000	1655	24	388	77,25
dernier train	1000	1670	35	594	115,58
	2500	1670	28	517	101,08
	10000	1670	24	463	90,26

TEMA = 195600 PROF = 3 TDEP = 200 PORTION = 0,80
TEMB = 196000 POURCEN = 0,90 DURE = 0 STW = filtrage pondéré

Par rapport au choix de PORTION, comme ce paramètre détermine jusqu'à quel point nous adoptons l'horaire développé lors de l'énumération des séquences, il est préférable de prendre un EPS plus grand lorsque PORTION se rapproche de 1. Cela nous permettra d'éviter de commencer inu-

tilement une nouvelle itération dans le but de s'assurer de la qualité du choix fait.

Le tableau 5.12 procède à une comparaison du travail nécessaire pour construire une séquence complète pour une période de travail de 24 heures pour différentes paires de valeurs de EPS et PORTION. Nous constatons suite à cette comparaison ainsi que suite à la précédente et à celle touchant à la variable de DURE (voir le tableau 5.8) qu'il n'y a pas d'avantages importants à chercher à surveiller de très près l'ordre de grandeur des modifications à l'horaire. Nous n'améliorons pas la solution, et cela nous demande beaucoup d'effort. Il vaut mieux alors choisir des valeurs pour ces paramètres qui limiteront le nombre de fois où nous devrons faire une nouvelle itération avant de fixer notre choix. Mais nous devons être prudents et donner l'occasion au programme de se réorienter suite à des changements importants à l'horaire.

Nous avons, compte tenu de tout ceci, décidé de poser :

EPS=2500 PORTION=0,80 DURE=0.

Tableau 5.12 : Comparaison sur le travail nécessaire pour construire une séquence de triage pour une période de 24 heures pour différentes valeurs de EPS et PORTION

PORTION	EPS	Coût	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
0,50	1000	1655	30	462	91,21
0,50	2500	1655	25	406	79,12
0,80	1000	1655	30	461	90,80
0,80	2500	1655	25	400	78,05
0,80	10000	1655	24	388	77,25
1,00	2500	1655	25	406	79,58
1,00	5000	1655	25	406	79,50
1,00	10000	1655	24	388	76,10

TEMA = 195600 PROF = 3 HORD = premier train TDEP = 200
TEMB = 196000 POURCEN = 0,90 STW = filtrage pondéré DURE = 0

Une fois arrêté le choix de la stratégie, nous avons comparé comment celle-ci se comportait par rapport à quelques-unes des autres stratégies possibles. Comme une décision est prise en ne tenant compte que d'un horizon limité, il n'est pas assuré qu'en toutes circonstances nous aurions obtenu les meilleurs résultats avec la stratégie adoptée. Mais ce que nous voulons, c'est d'avoir à tout coup une bonne solution, compte tenu de l'information disponible à chaque étape. C'est d'ailleurs une constatation que nous faisons en examinant le tableau 5.13. La solution obtenue avec la stratégie choisie est une bonne solution. Seule la solution obtenue avec la stratégie ayant PROF=1 et POURCEN=0,90 a un coût moyen significativement inférieur. La grande variation des coûts moyens provient du fait que, lorsque nous prenons une décision, nous ne sommes pas assurés qu'à long terme c'est la meilleure solution même si elle l'est à court terme. Le tableau 5.14 correspond au même type de comparaison que le tableau 5.13 mais avec trois autres périodes de travail. Nous constatons que notre stratégie donne encore de bons résultats contrairement à celle avec PROF=1 et POURCEN=0,90. En effet, notre stratégie ne fournit

Tableau 5.13 : Comparaison entre différentes stratégies pour construire une séquence de classification pour une période de 24 heures

PROF	POURCEN	HORD	STW	TDEP	Coût	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
1	0,90	P	P	200	1614	26	24	15,70
2	0,50	P	P	200	1702	26	56	13,54
2	0,50	P	S	200	1655	25	126	26,98
2	0,90	D	P	100	1674	27	177	37,32
2	0,90	D	S	200	1692	29	324	67,05
3	0,50	D	P	200	1685	27	155	33,17
3	0,50	P	S	200	1652	25	283	55,41
3	0,90	P	P	200	1655	25	400	78,05
3	0,90	D	P	400	1671	25	432	84,45
4	0,50	D	S	200	1654	29	627	118,61
4	0,50	P	P	200	1675	25	144	30,96
4	0,90	P	S	200	1653	25	1495	258,86
4	0,90	D	P	400	1664	28	1186	207,33
5	0,75	P	P	200	1654	25	1287	1214,22
6	0,50	D	P	200	1680	27	438	79,02

TEMA = 205600 TEMD = 206000 EPS = 2500 PORTION = 0,80 DURE = 0

pas nécessairement la meilleure journée mais elle en fournit une bonne, et elle a toujours choisi un bon premier train. Ce qui n'est pas le cas pour les stratégies avec PROF=1 ou 2, celles-ci sont beaucoup moins constantes. Elles passent de bonnes solutions à de mauvaises d'une situation à l'autre. Cela justifie notre choix à propos de la stabilité du comportement de notre stratégie.

Tableau 5.14 : Comparaison entre différentes stratégies sur trois journées de travail

Journées		Paramètres		1er choix		Séquence	Nombre d'itérations	Nombre de branches	Temps de calcul (secondes)
TEMA	TEMB	PROF	POURCEN	Choix	Coût	Coût			
205000	206000	1	0,90	T092	1484	1969	26	125	36,60
		2	0,90	428	1494	1976	25	530	142,05
		3	0,90	428	1504	1863	26	3241	794,08
		4	0,50	428	1531	1883	25	695	175,45
206000	206400	1	0,90	318	1593	1705	29	74	17,35
		2	0,90	318	1597	1666	28	147	32,06
		3	0,90	318	1605	1681	29	419	82,20
		4	0,90	318	1639	1678	27	758	137,89
206000	207200	1	0,90	549	1313	1605	31	75	15,29
		2	0,90	549	1336	1583	31	189	34,75
		3	0,90	549	1347	1583	31	550	93,29
		4	0,90	549	1356	1536	33	1583	236,62

TDEP = 200 DURE = 0 EPS = 2500 PORTION = 0,80 NORD = premier train STW = filtrage pondéré

5.3 Comparaison avec des stratégies simples

L'étude comparative de cette section a pour but de mesurer l'impact de la stratégie adoptée par rapport à des stratégies d'opération plus simples. Avant de suggérer une stratégie nécessitant quand même une programmation relativement complexe, il est bon de s'assurer que la méthode proposée donne de meilleurs résultats que des stratégies beaucoup plus simples. Les stratégies que nous avons considérées sont :

1. Le MEILLEUR prochain train

   Cette stratégie consiste à choisir, comme prochain train à classifier, le meilleur candidat identifié par le processus de filtrage des trains disponibles pour la classification. Nous examinerons cette stratégie avec les deux tactiques de filtrage développées.

2. FIFO

Cette stratégie consiste à choisir à chaque étape un train selon le critère premier arrivé, premier servi. Nous choisirons donc les trains selon l'ordre de leur mise en disponibilité pour la classification.

3. Le plus GROS train

Cette dernière stratégie consiste à choisir à chaque étape le train ayant le plus grand nombre de wagons parmi ceux disponibles à ce moment pour la classification.

Le tableau 5.15 donne, pour chacune des stratégies, les résultats obtenus suite à une période de travail de 24 heures. Nous avons, pour la stratégie TRAIN, fait varier le paramètre STW (pour le filtrage des trains) et, pour l'ensemble des stratégies, fait varier le paramètre STRA (pour la stratégie de modification de l'horaire) afin d'illustrer l'intérêt de chacune des options.

Tableau 5.15 : Comparaison avec des stratégies simples sur la durée des séjours des wagons dans la gare pour une période de travail de 24 heures

Stratégie	Filtrage	Coût moyen		Coût total	
		STRA		STRA	
		Spéciale	Simple	Spéciale	Simple
TRAIN	pondéré	1655	1858	6194249	6953267
TRAIN	simple	1652	1930	6183353	7222550
MEILLEUR	pondéré	1680	2014	6286445	7536172
MEILLEUR	simple	1702	2021	6368336	7561626
FIFO	-	1709	2018	6397036	7549940
GROS	-	1703	1989	6374397	7442627

La différence entre la stratégie TRAIN et les stratégies simples est de l'ordre de 30 minutes sur le coût moyen (3%) pour trois cas sur quatre en faveur de la stratrégie TRAIN. Seule la stratégie MEILLEUR, avec

le filtrage pondéré des trains, fait un peu mieux que les autres stratégies simples, mais son retard reste de 15 minutes. Cet avantage grandit si nous n'utilisons pas la stratégie spéciale de modification de l'horaire, il monte alors à près d'une heure trente.

Nous remarquons également que sans stratégie spéciale de filtrage et de modifications de l'horaire, l'écart entre la stratégie TRAIN et les autres reste à trente minutes. Nous constatons donc que sans stratégie spéciale pour l'horaire, la stratégie TRAIN avec le filtrage pondéré des trains est de loin supérieure aux autres (voir le tableau 5.16). Cela illustre l'importance de faire un bon filtrage des trains à classifier si nous limitons le jeu possible sur l'horaire (cela correspond à la stratégie du modèle HSS). Cependant, nous constatons également que l'importance relative de la stratégie de filtrage pondéré diminue lorsque nous appliquons une stratégie spéciale sur l'horaire. Les solutions trouvées sont équivalentes, pour une même valeur de POURCEN bien que la stratégie de filtrage pondéré examine généralement moins de séquences et demande donc moins de temps à l'exécution (voir le tableau 5.10).

5.4 Comparaison sur une journée complète de travail

5.4.1 Les hypothèses

Nous avons essayé de comparer les résultats obtenus avec la stratégie TRAIN pour une journée complète d'opération à la gare Taschereau à Montréal avec ceux du CN. Cependant nous avons imposé certaines limites à cette comparaison, en apportant certaines simplifications à l'horaire et à la grille de correspondance, et à cause des hypothèses du modèle (comme de ne pas considérer les trains arrivant en gare avec moins de 45 wagons, ou sur les limites au nombre de wagons sur les trains en partance; pour plus de détails voir la section 3.2). Il est difficile de se comparer de façon précise à la journée réelle d'opération, car l'information obtenue avec les données ne nous permettait pas de retracer de façon exacte l'état de

la gare au début de la journée d'opération. Malgré ces limites, nous avons essayé de mesurer l'amélioration apportée par notre stratégie aux performances de la gare.

Nous considérerons que la journée d'opération débute à TEMB=206000. Nous considérons à partir de là que tous les trains qui sont arrivés en gare avant TEMA=205600 sont déjà triés et que leurs wagons se trouvent dans les faisceaux de classification ou de départ. Tous les trains arrivés entre TEMA et TEMB sont sur le faisceau de réception et sont, soit disponibles pour la première classification à TEMB, soit en train de subir l'opération de réception-inspection. Ce processus prend une minute par wagon. Tous les trains arrivant après TEMB seront considérés, en temps et lieu, au rythme du développement de la séquence, lorsqu'ils tomberont dans l'horizon de six heures de l'information disponible pour le choix du train à classifier à ce moment.

Nous avons en résumé la situation suivante au temps TEMB=206000 :

922 wagons dans le faisceau de classification,

415 wagons sur quatre trains dans le faisceau de réception.

Durant la journée et l'horizon de travail considérés, il arrivera en gare un total de 28 autres trains de plus de 45 wagons. Cela nous fait donc un total de 32 trains à traiter ayant 2606 wagons (avec une variation de 48 à 113 wagons par train et une moyenne de 81 wagons). De ces 2606 wagons, 2404 doivent faire une connexion avec un train en partance. Les 202 autres doivent rester en gare pour une raison ou une autre.

5.4.2 Description de la solution trouvée par TRAIN

La solution obtenue par TRAIN est décrite en détail à l'Annexe F. Nous avons, suite à la journée déterminée par TRAIN, 812 wagons dans le faisceau de classification comparativement au 922 du début. Il y a eu dans

la journée 20 départs d'autorisés. Nous avions une variation de 81 à 115 wagons avec une moyenne de 97 sur les trains autorisés à partir.

Nous remarquons ici que la politique choisie face au nombre de wagons sur les trains en partance ne permet pas le départ de trains ayant moins de 80 wagons. Ce qui normalement se produit souvent avec les trains locaux.

Pour la solution trouvée, afin d'être en mesure d'avoir un élément comparatif valable, nous avons fait une évaluation de la partie du coût de la durée du séjour des wagons qui n'avaient pas encore été triés à TEMB. Comme le coût évalué normalement pour une séquence n'est en fait qu'une borne inférieure de la durée réelle du séjour que nous pouvons espérer, nous avons calculé également pour ces mêmes wagons un intervalle où nous devrions retrouver le coût réel de la séquence une fois que les trains non encore triés le seront. La borne inférieure de cet intervalle est tout simplement la part de la borne inférieure de la séquence provenant des wagons non triés à TEMB. La borne supérieure sera, pour ces mêmes wagons, la durée du séjour des wagons recalculée en utilisant l'horaire obtenu par le tri du dernier train de la séquence et non comme dans le cas de la borne inférieure avec l'horaire obtenu du parachèvement de la séquence. Ces deux bornes sont différentes seulement si HORD=premier train. Car cette option préserve l'horaire original en n'y apportant les modifications qu'au fur et à mesure que l'on classifie les trains. Le tableau 5.16 nous donne le résultat de ces calculs. Nous remarquons que, pour la borne inférieure, l'écart grandit entre les solutions trouvées par la stratégie TRAIN et celles des stratégies simples. Cela provient du fait que notre stratégie tire avantage d'un examen des trains à classifier avant de faire son choix. Nous remarquons également que la borne supérieure pour la stratégie TRAIN avec STRA=stratégie simple correspond à peu près à la solution

de départ qui nous donnait une moyenne de 23,82 heures et un coût total de 57273,90 heures pour la durée des séjours des wagons sur les trains à classifier seulement.

Tableau 5.16 : Bornes sur la durée du séjour des wagons dans la gare suite à une période de travail de 24 heures

Stratégie	Stratégie de modification de l'horaire	Coût moyen		Coût total	
		B.I.	B.S.	B.I.	B.S.
TRAIN	spéciale	1936	2111	4654487	5075418
MEILLEUR	spéciale	1968	-	4732987	-
FIFO	spéciale	2003	-	4816671	-
GROS	spéciale	2023	-	4863870	-
TRAIN	simple	2112	2387	5079619	5739709
MEILLEUR	simple	2288	-	5500990	-
FIFO	simple	2292	-	5510469	-
GROS	simple	2279	-	5480803	-

5.4.3 Description de la journée d'opération du CN

Nous n'avons pas, avec nos données, la séquence utilisée par le CN pour la journée de travail considérée. Nous avons cependant été en mesure de calculer la durée du séjour des wagons dans la gare. Le résultat est résumé dans le tableau 5.17. Nous remarquons que la solution du CN pour les wagons sur les trains à classifier seulement est très proche de la solution de départ que nous avons obtenue avec notre horaire. Pour la durée moyenne des séjours nous avons 23,72 heures pour la solution originale du CN et 23,82 heures pour la solution avec notre horaire modifié. Cela nous laisse voir que, bien que les solutions soient différentes, notre point de départ est très comparable à la situation réelle.

Durant la journée d'opération, il y a eu 27 départs avec un total de 1909 wagons (avec une variation de 27 à 104 wagons par train et un moyenne de 71 wagons). Il restait à la fin de la journée 1832 wagons devant réaliser une connexion dont le départ n'était pas encore autorisé.

Tableau 5.17 : Mesure de la performance de la gare de triage avec la solution du CN pour une période de travail de 24 heures

	Coût moyen	Coût total
Tous les wagons	2763	10337114
Wagons sur les trains à classifier	2372	5704071

5.4.4 Comparaison des deux solutions

En examinant les tableaux 5.16 et 5.17, nous remarquons l'écart important séparant les deux solutions. Nous ne pouvons comparer les coûts reliés à tous les wagons dans la gare car pour la solution de TRAIN nous ne calculons pour les wagons triés à TEMB que la durée du séjour depuis TEMB. C'est pourquoi la différence à ce niveau est beaucoup plus importante que si nous ne faisons la comparaison qu'avec les wagons sur les trains à trier.

Mais cette différence reste tout de même à près de trois heures si on compare avec la borne supérieure de la solution du modèle TRAIN. Cette différence peut s'expliquer à deux niveaux : premièrement, par la stratégie employée qui réussit à améliorer la performance de façon significative, et deuxièmement, à cause de certaines simplications, nous avons probablement une solution qui ne pourra s'appliquer comme telle. Nous devrions par exemple retarder certains départs, reclassifier certains wagons..., ce qui devrait augmenter légèrement le coût réel de notre solution. Cependant, comme le but de notre étude est plus de mesurer l'impact possible de notre approche, cela, à notre avis, n'est pas très important.

Nous pouvons, par contre, avoir une idée meilleure de ce qui sépare les deux solutions si nous comparons la journée du CN et celles obtenues par les stratégies simples examinées plus tôt.

Le tableau 5.16 nous donne, quant à lui, le coût des séquences trouvées avec TRAIN et les stratégies simples pour toutes les possibilités de STRA et STW. Nous pouvons comparer, pour les wagons sur les trains à classifier seulement, avec la solution du CN qui a une moyenne de 23,72 heures (voir le tableau 5.17). À notre avis, cette solution devrait se retrouver entre celles trouvées par TRAIN (STRA=stratégie simple) et celles trouvées avec les stratégies simples (STRA=stratégie simple). Cela correspond à ce que nous obtenons avec l'exemple traité à la section 5.5 (voir le tableau 5.27). Cela nous permet d'obtenir un ordre de grandeur de l'amélioration de la performance de la gare en utilisant notre stratégie. Cette amélioration devrait être de l'ordre de deux heures.

5.5 Étude comparative avec le modèle HSS

Afin de pouvoir comparer notre approche avec celle du modèle HSS, nous avons repris un exemple utilisé par Shi [81]. Cet exemple consiste à établir une séquence de classification à partir d'une liste de huit trains présents dans la gare dans le faisceau de réception de la gare Taschereau à Montréal à minuit le 9 octobre 1980.

Nous cherchons à établir une séquence de classification qui minimisera le temps de séjour moyen des wagons dans la gare en respectant autant que possible l'horaire des trains en partance.

5.5.1 Description de la gare

Au début de l'étude, nous supposons que le temps courant est 1440 minutes (=24*60). Et il y a à ce moment huit trains dans le faisceau de réception qui sont prêts à être triés. Le tableau 5.18 nous fournit l'information disponible sur ces trains. Par exemple, le train numéro j3, le train 305 en provenance de Moncton, est arrivé à 1147 min. avec un

total de 98 wagons dont 80 doivent faire leur connexion avec le train k3 et 11 avec le train k5, les autres wagons devant rester à la gare. Le tableau 5.19 nous fournit l'horaire des trains en partance. Ainsi le train numéro k2, le train 394 pour Portland, doit avoir 100 wagons pour être autorisé à partir, dont déjà 40 sont dans le faisceau de classification. Les deux prochains départs pour le train k2 sont 1810 min. et 2310 min.

Tableau 5.18 : Informations sur les trains dans le faisceau d'arrivée au temps 1440

No	Nom	Provenance	Nombre de wagons	Heure d'arrivée (min.)	Disponible pour le tri (min.)	Nombre de wagons pour trains en partance k1 k2 k3 k4 k5 k6
j1	549	Sorel	100	1250	1350	40 60
j2	207	Halifax	98	1320	1418	60 30 6
j3	305	Moncton	98	1147	1245	80 11
j4	308	Ottawa	81	1200	1281	50
j5	425	Richmond	97	1115	1212	40 51
j6	318	Toronto	89	1308	1397	65
j7	390	Chicago	115	1325	1440	35 80
j8	8008	Turcotte	56	1321	1377	56

Tableau 5.19 : Informations sur les trains en partance

No	Nom	Destination	Nombre de wagons	Heure de départ (min.)		Nombre de wagons déjà triés
				1er choix	2e choix	
k1	385	Toronto	100	1890	2790	0
k2	394	Portland	100	1810	2310	40
k3	223	Winnipeg	98	1995	2495	18
k4	444	White River	90	2095	2595	50
k5	436	Massena	93	2710	3210	6
k6	212	Halifax	98	2310	2510	2

Pour qu'un wagon puisse réussir sa connexion avec un train en partance, nous considérons qu'il doit avoir été trié au moins quatre heures (240 minutes) avant le départ du train. Par exemple, un wagon devant prendre le premier départ du train k1 devrait être dans le faisceau de classification au plus tard à 1650 min. (1890-4*60).

D'autre part, nous avons considéré un temps d'une minute par wagon pour l'inspection d'un train arrivant en gare. Ce train n'est disponible pour la clasification qu'après cette inspection. Finalement, bien que, de façon générale, pour calculer le temps de classification d'un train, nous incluons un coût fixe, nous utiliserons, comme Shi, une formule sans coût fixe avec un taux d'une minute par wagon (paramètre HPTIM=FAUX).

5.5.2 Les hypothèses des deux approches

Par son approche, Shi impose certaines limites à la solution recherchée. Ainsi, un train en partance ne peut partir qu'avec le nombre précis fixé dans le tableau 5.19. D'autre part, pour chacun des trains en partance, Shi ne considère que quatre possibilités comme heure de départ.

Cependant, de notre côté, nous ne nous sommes pas donné ces limites. Ainsi, un train en partance peut avoir un nombre de wagons variant de LMIN à LMAX. Afin de limiter les effets de la relaxation de cette contrainte par rapport au modèle HSS, nous avons posé :

LMIN=90 LMOY=95 LMAX=100.

Il est évident que plus la marge de manoeuvre est grande, plus cela nous donne de possibilités de trouver une meilleure solution. Notre hypothèse est plus réaliste que celle de Shi, car cela nous permet de correspondre à la pratique courante de s'adapter à la situation du moment quant au nombre de wagons exigé pour un train en partance.

De la même façon, nous permettons une plus grande flexibilité sur les heures de départ d'un train. Bien que nous partions de l'horaire quotidien, nous permettons à un train de partir le plus tôt possible avec les wagons qui lui ont été assignés. Cela aussi correspond bien à la pratique. Les horaires ne sont perçus que comme un guide général pour nous aider à orienter la prise de décision.

5.5.3 Le calcul du coût d'une séquence

Nous avons refait le calcul du coût des séquences de Shi de façon à inclure dans celui-ci le temps de séjour des wagons déjà dans le faisceau de classification au temps 2440. Cela est important si nous ne voulons pas nous retrouver avec une solution qui privilégierait les wagons sur les trains à trier au détriment de ceux déjà classifiés au début de l'étude.

D'autre part, nous avons dû modifier certaines heures de départ que Shi avait fixées afin de ne prévoir un départ qu'à un moment où nous pouvons espérer avoir suffisamment de wagons pour autoriser ce départ. Ainsi dans la solution trouvée par le modèle HSS, le deuxième départ du train k1 a été fixé à 2390 alors qu'au temps 2174 nous n'avons encore que 40 wagons de triés. Pour pouvoir faire partir à 2390 le train k1, il aurait fallu avoir, sur le faisceau de classification, 100 wagons au temps 2150. La même chose s'est produite pour le train k3, pour lequel nous avons reporté le deuxième départ de 2195 à 2495 car au temps 1955 nous n'avions que 30 wagons de triés. Nous avons reporté ces trains vers le premier départ possible pour lequel le temps le plus tard où l'on peut entreprendre les opérations d'assemblage et d'inspection est supérieur à 2174, le moment où l'on aura terminé de trier les huit trains considérés. Cela correspond au moment le plus tôt où nous pouvons espérer raisonnablement avoir reçu suffisamment de wagons pour combler ce qui manque pour autoriser les départs.

5.5.4 Comparaison des solutions

On trouvera dans les tableaux 5.20 à 5.23 une description détaillée des solutions trouvées respectivement par la stratégie FIFO, le directeur de triage de la gare, le modèle HSS et le modèle TRAIN. Le tableau 5.24 compare les effets des différentes stratégies sur les départs des trains. Le tableau 5.26, quant à lui, fournit une synthèse comparative entre les différentes solutions.

Le tableau 5.24 fait ressortir l'intérêt de la stratégie TRAIN. En effet, notre stratégie améliore de plus de 140 minutes la durée moyenne du séjour des wagons dans la gare de triage par rapport à la solution trouvée par le directeur de triage du CN. Notre solution améliore de plus de 70 minutes en moyenne la durée de séjour des wagons par rapport à la solution trouvée par le modèle HSS. Le tableau 5.25 fait ressortir pour les trains autorisés à partir la variation de la part due à chacun de ces trains dans le coût total des solutions trouvées. Nous constatons que plus la solution est bonne moins la variation de la part des coûts associés à un départ est petite. Cela représente un attrait supplémentaire, car il nous permet d'espérer un comportement constant à long terme.

Le tableau 5.26 fait ressortir le potentiel de l'algorithme exploité par le modèle TRAIN. Nous pouvons conclure que nous obtenons une amélioration significative de la gestion des trains dans une gare de triage par rapport aux autres modèles.

Tableau 5.20 : Séquence de classification avec la stratégie FIFO

Train en partance	Heure de départ prévue initialement	Nombre de wagons à 1440	Wagons reçus avec la classification de								Heure de départ prévue après
			j5	j3	j4	j1	j6	j2	j8	j7	
k1	1890	0	40			40		20			2390
k1	2790	0						40			2790
k2	1810	40				60*					2310
k2	2310	0					65			35*	2755
k3	1995	18		80*							1995
k3	2495	0						30			2495
k4	2095	50	40*								2095
k4	2595	0	11		50			6			2595
k5	2710	6		11							2710
k6	2310	2							56	40*	2510
k6	2510	0									1810

* dernier bloc classifié permettant un départ

Tableau 5.21 : Séquence de classification avec la stratégie du directeur de triage

Train en partance	Heure de départ prévue initialement	Nombre de wagons à 1440	Wagons reçus avec la classification de								Heure de départ prévue après
			j6	j5	j2	j3	j7	j8	j1	j4	
k1	1890	0		40	60*						2090
k1	2790	0							40		2790
k2	1810	40	60*								1810
k2	2310	0	5				35		60*		2755
k3	1995	18			30	50*					2195
k3	2495	0				30					2495
k4	2095	50		50*							2095
k4	2595	0		1						50	2595
k5	2710	6			6	11					2710
k6	2310	2					80	16*			2310
k6	2510	0						40			2510

* dernier bloc classifié permettant un départ

Tableau 5.22 : Séquence de classification avec la stratégie du modèle HSS

Train en partance	Heure de départ prévue initialement	Nombre de wagons à 1440	Wagons reçus avec la classification de								Heure de départ prévue après
			j1	j2	j3	j5	j6	j7	j4	j8	
k1	1890	0	40	60*							1890
k1	2790	0				40					2790
k2	1810	40	60*								1810
k2	2310	0					65	35*			2310
k3	1995	18		30	50*						1995
k3	2495	0			30						2495
k4	2095	50				40*					2095
k4	2595	0				11			50		2595
k5	2710	6		6	11						2710
k6	2310	2						80		16*	2510
k6	2510	0								40	2810

* dernier bloc classifié permettant un départ

Tableau 5.23 : Séquence de classification avec la stratégie TRAIN

Train en partance	Heure de départ prévue initialement	Nombre de wagons à 1440	Wagons reçus avec la classification de								Heure de départ prévue après
			j1	j4	j2	j3	j7	j8	j6	j5	
k1	1890	0	40		60*						1959
k1	2790	0								40	2790
k2	1810	40	60*								1780
k2	2310	0					35		65*		2317
k3	1995	18			30	50*					2057
k3	2495	0				30					2495
k4	2095	50		50*							1861
k4	2595	0								51	2595
k5	2710	6			6	11					2710
k6	2310	2					80	17*			2227
k6	2510	0						39			2510

* dernier bloc classifié permettant un départ

Tableau 5.24 : Calcul des coûts des solutions des différentes stratégies

Trains en partance	Stratégies											
	FIFO			Directeur de triage			HSS			TRAIN		
	Heure départ	Nombre de wagons	Coût (min.)	Heure départ**	Nombre de wagons	Coût (min.)	Heure départ	Nombre de wagons	Coût (min.)	Heure départ	Nombre de wagons	Coût (min.)
k1*	2390	100	95000	2090	100	65000	1890	100	45000	1959	100	51900
k1	2790	40	54000	2790	40	54000	2790	40	54000	2790	40	54000
k2*	2310	100	87000	1810	100	37000	1810	100	37000	1780	100	34000
k2*	2755	100	131500	2755	100	131500	2310	100	87000	2317	100	87700
k3*	1995	98	54390	2195	98	73990	1995	98	54390	2057	98	60466
k3	2495	30	31650	2495	30	31650	2495	30	31650	2495	30	31650
k4*	2095	90	58950	2095	90	58950	2095	100	58950	1861	100	42100
k4	2595	61	70455	2595	61	70455	2595	51	70455	2595	51	58905
k5	2710	23	29210	2710	23	29210	2710	23	29210	2710	23	29210
k6*	2510	98	104860	2310	98	85260	2510	98	104860	2228	99	78012
k6	2810	40	54800	2510	40	42800	2810	40	54800	2510	39	42730
Total			771815			679815			627315			569673
Moyenne			989,51			871,56			804,25			730,35

* trains autorisés à partir,

** l'heure de départ des trains non autorisés à partir correspond à l'heure prévue dans l'horaire du prochain départ pouvant accomoder les wagons concernés.

Tableau 5.25 : Variation de la part des coûts correspondants aux départs autorisés selon les différentes stratégies

Stratégie	Coût (en min.)		
	Plus petit	Plus grand	Moyenne
FIFO	54390	131500	88617
DIRECTEUR DE TRIAGE	37000	131500	75283
HSS	37000	104860	64533
TRAIN	34000	78012	59029

Tableau 5.26 : Tableau synthèse de la durée du séjour des wagons dans la gare selon les stratégies

Algorithme	Séjour total		Séjour moyen
	Minutes	Heures	Heures
FIFO	771815	12863,58	16,49
DIRECTEUR DE TRIAGE	679815	11330,25	14,53
HSS	627315	10455,25	13,40
TRAIN	569176	9486,27	12,16

CONCLUSION

Nous avons développé, dans ce mémoire, un modèle permettant de résoudre de façon efficace le problème de minimisation de la durée du séjour des wagons dans une gare de triage. Contrairement à toutes les études antérieures, l'approche que nous avons développée permet une grande flexibilité dans le choix de l'heure de départ d'un train. Cela nous permet d'adapter l'horaire des trains à une séquence de classification de façon à obtenir le plus bas temps de séjour des wagons. Ainsi, nous pouvons établir quelle est la meilleure combinaison séquence de classification et horaire de départ en ce qui regarde le séjour des wagons dans la gare.

Sur la base de ce modèle, nous avons développé un algorithme heuristique s'inspirant de la technique du "branch and bound" qui nous permet d'obtenir une bonne solution pour le choix du prochain train à classifier. Cet algorithme a été implanté dans le programme TRAIN. Cela nous a permis d'établir quelle stratégie nous assure, sur de longues périodes de travail, une bonne solution en regard de la durée du séjour des wagons dans la gare, dans un temps de calcul raisonnable.

Les études comparatives du chapitre V nous ont permis de démontrer tout l'intérêt de notre approche. Non seulement le choix de la séquence est important pour diminuer la durée de séjour des wagons, mais le choix de l'horaire s'avère tout aussi important. Nous avons pu également démontrer que notre approche nous permet d'obtenir une amélioration significative de la performance d'une gare de triage où elle serait implantée.

Il reste cependant beaucoup à faire avant d'en arriver là. Il faudrait voir à développer un modèle qui tiendrait compte des petits trains arrivant en gare et la quittant ainsi que de la reclassification

nécessaire de certains wagons étant donnée la capacité limitée du faisceau de classification et l'opération d'assemblage des trains en partance. Cela nous permettrait de vérifier la portée réelle des améliorations possibles selon notre approche.

Il reste également à explorer certaines pistes d'améliorations de l'algorithme. Ainsi, il faudrait examiner l'intérêt de raffiner la technique de filtrage des candidats pour la prochaine opération de classification. Il pourrait être également intéressant d'étudier le processus de redistribution des wagons vers les prochains trains en partance lors de l'évaluation de l'impact de la classification d'un train. Ce processus est au coeur même de toute la stratégie de modification de l'horaire. Il est souhaitable d'arriver aussi près que possible de la distribution future des wagons, afin de pouvoir mesurer l'impact réel de la décision que nous avons à prendre, à ce moment, à propos de faire partir ou non un train, sans attendre les wagons de la classification courante.

ANNEXE A

EXAMPLES DE CALCUL DU FACTEUR D'ATTRACTION

Exemple 1 :

Supposons que nous avons quatre trains numérotés 1 à 4 pour lesquels nous avons évalué les facteurs d'attraction

$$F_i = \sum_{t \in T_D} N_{it}$$

et avons trouvé les valeurs suivantes :

$F_1=51 \quad F_2=23 \quad F_3=17 \quad F_4=9$

et alors $B = \text{POURCEN} \sum_{i=1}^{4} F_i = \text{POURCEN} \times 100$

. Si nous prenons alors POURCEN=0.90 nous avons B=90,

et la suite des sommes partielles $\sum_{i=1}^{j} F_i$ est : 51,74,91,100.

Nous retenons alors les trains 1, 2 et 3 car 3 est le plus petit indice tel que $\sum_{i=1}^{3} F_i >_i B$

. Si nous prenons alors POURCEN=0.50 nous avons B=50,

et nous n'allons retenir, dans un premier temps, que le train 1 car $F_1 > B$

puis comme nous n'avons qu'un seul train, nous allons rajouter dans la liste le train no 2.

Exemple 2 :

Nous avons quatre trains dans le faisceau de réception et nous voulons sélectionner parmi eux les candidats à considérer comme prochain train à classifier.

Voici le tableau des N_{it} (nombre de wagons sur le train i assignés au train en partance t) :

	i1	i2	i3	i4	E_t	T_t*
t1	26	04	05	13	11	400
t2	02	11	01	05	06	531
t3	12	01	00	07	20	681
$\sum_t N_{it}$	40	16	06	25		

* en centièmes d'heure.

En travaillant avec la première option, nous avons déjà les facteurs d'attraction qui correspondent à la dernière ligne du tableau précédent. Si nous classons les trains selon l'ordre décroissant de leur facteur d'attraction, nous avons la suite : [i1,i4,i2,i3] et la suite des sommes partielles corresondantes (40,65,81,87).

Et la borne B est fixée à

$$B = 87 \times POURCEN$$

$B = 43,5$ si POURCEN=0,50

$B = 78,3$ si POURCEN=0,90.

Et, en conséquence, nous considérons comme candidats à la classification dans le premier cas les train J1, J4; et, dans le deuxième cas, les quatre trains sont retenus.

Examinons maintenant ce qui se passe si nous utilisons la deuxième option pour le calcul des facteurs d'attraction. En utilisant la formule

$$F_i = 10^5 \sum_{t \in T_D} \frac{N_{it}}{E_t \, T_t}$$

nous avons comme facteurs d'attraction :

$$F_{i1} = 10^5 \left(\frac{26}{11x400} + \frac{02}{06x531} + \frac{12}{20x681}\right) = 740$$

$$F_{I2} = 10^5 \left(\frac{04}{11x400} + \frac{11}{06c531} + \frac{01}{20x681}\right) = 442$$

$$F_{i3} = 10^5 \left(\frac{05}{11x400} + \frac{01}{06x531} + \frac{00}{20x681}\right) = 144$$

$$F_{i4} = 10^5 \left(\frac{13}{11x400} + \frac{05}{06x532} + \frac{07}{20x681}\right) = 502 \ .$$

Nous pouvons alors calculer les bornes :

$$B_0 = \min_i F_i = 144$$

$$B_1 = \max_i F_i = 740$$

$$B_2 = B_1 - \text{POURCEN} \ (B_1 - B_0)$$

$$= 740 - \text{POURCEN} \ (740 - 144)$$

avec POURCEN=0,50 nous avons B_2=517,

et avec POURCEN=0,90 nous avons B_2=203,6.

Nous conservons alors comme candidats pour la classification le train j1 pour le premier cas, et les trains j1, j4 et j2 pour le deuxième. Car ce sont les seuls trains qui ont leur facteur d'attraction entre B_2 et B_1.

Nous pouvons remarquer que, dans les quatre situations, nous n'avons pas sélectionné exactement le même ensemble de trains. Le tableau donne les différentes listes retenues.

POURCEN	OPTION 1	OPTION 2
0,50	i1,i4	i1
0,90	i1,i4,i2,i3	i1,i4,i2

L'option 2 semble plus sélective, dans le sens où elle retient moins de trains. Avec le prochain exemple nous verrons en quoi les deux critères se distinguent.

Exemple 3 :

Considérons la situation décrite par le tableau suivant:

	i1	i2	i3	i4	E_t	T_t*
t1	00	00	04	33	39	983
t2	01	03	08	03	56	1008
t3	05	01	08	00	65	1118
t4	13	15	03	00	14	1158
$\sum_t N_{it}$	19	19	23	36		

* en centièmes d'heure.

Comparons les valeurs des facteurs d'attraction selon les deux options :

	i1	i2	i3	i4
OPTION 1	19	19	23	36
OPTION 2	87	98	53	91

Et l'ordre des trains d'après l'option est la suivante :

	1	2	3	4
OPTION 1	i4	i3	i2	i1
OPTION 2	i2	i4	i1	i3

Nous avons deux suites complètement différentes. Avec le paramètre POURCEN=0,50, nous retenons les listes suivantes de candidats pour la classification :

pour l'OPTION 1 : i4, i3.

pour l'OPTION 2 : i2, i4, i1.

L'impression que le deuxième exemple nous donnait à propos de la sélectivité plus grande de l'OPTION 2, dans le sens du nombre de trains retenus, n'est pas nécessairement vraie. Ce qu'elle permet plutôt de faire c'est de tenir compte davantage des conséquences possibles d'un choix donné, à savoir sur les possibilités plus grandes de faire partir plus tôt certains trains.

Ainsi, l'OPTION 2 tient compte du fait que le train t4 n'a plus besoin de beaucoup de wagons pour pouvoir partir. Elle tient compte également que les trains i1, i2 ont justement un nombre suffisamment intéressant de wagons pour favoriser le départ du train t4 au plus tôt, ce dont l'OPTION 1 ne pouvait tenir compte. Cette dernière option privilégie le train i3 au détriment des trains i1 et i2 seulement par son plus grand nombre de wagons pour i3 et ne tient pas compte de leur importance relative par rapport au temps qu'il reste avant le départ de i3 et du nombre de wagons qu'il manque encore pour l'autoriser.

ANNEXE B

EXEMPLE DE MODIFICATIONS DE L'HORAIRE DES TRAINS EN PARTANCE

Comparons les deux stratégies de modification de l'horaire lorsque nous procédons à la classification d'un train.

Exemple

Considérons la situation suivante : nous sommes à construire une séquence de classification afin de déterminer le train à classifier au temps 2400 (minuit). Nous sommes rendus à l'évaluation de l'impact de la classification du train j de 2650 à 2750 (tous les temps sont donnés en centièmes d'heure).

Nous avons fixés les valeurs de paramètres LMIN, LMOY, LMAX à 80, 100 et 115, et ceux de DLØ, DL1 et DL2 à 300, 400, 500 respectivement.

Nous avons donc alors que :

HFIN=2750

HINF=HFIN+400=3150

HSUP=HFIN+500=3250

Lors de l'examen des trains en partance devant recevoir des wagons du train j, supposons que l'on rencontre pour un train k la situation suivante :

DQW=82

FQW=99

HDEP=3200

Comme DQW > LMIN, nous devons décider du moment où nous pourrions faire partir le train k et si oui ou non nous ferons attendre au train k les wagons du train j.

Avec la stratégie simple, la décision est prise de faire partir le train k sans attendre les wagons du train j si HDEP < HINF et on fixe l'heure de départ à :

HDEP = max {HACT+300, HDEP}.

Comme HDEP=3200 > HINF=3150, nous décidons d'attendre les wagons du train j avant de faire partir le train k.

Avec la stratégie spéciale utilisée par l'algorithme, le critère de décision repose sur l'évaluation du coût respectif des deux choix. Et nous choisissons la possibilité nous semblant la plus avantageuse à ce moment.

Le coût de faire attendre au train k les wagons de j est:

TDLAI = (HINF - HDEP) * DQW.

Cela correspond au coût de repousser le départ des DQW wagons déjà classifiés pour le train k de leur heure de départ possible HDEP = max {HACT+300, HMOD} à l'heure la plus rapprochée si nous attendons les wagons de j, à savoir HINF. Le calcul est fait en fonction du moment où nous sommes à prendre la prochaine décision (HACT) et l'heure HMOD à laquelle le train k pourrait partir suite à la dernière classification où il a reçu des wagons.

Si HMOD=2700 alors nous avons

HDEP = max {2700, 2700} = 2700.

Et alors TDLAI = (3150 - 2700) * 82 = 36900.

D'autre part, le coût de faire partir le train k sans attendre les wagons de j est le suivant :

WDLAI = (NEXH - HINF) * NB

où NEXH est l'heure du prochain départ pouvant prendre les NB=17 wagons de j considérés.

Si NEXH=4500 alors nous avons :

WDLAI = (4500-3150)*17 = 22950.

Comme alors TDLAI > WDLAI, c'est-à-dire qu'il nous en coûte plus de faire attendre les 82 wagons déjà triés pour k que d'attendre les 17 wagons de j, nous décidons de faire partir le train k à HDEP=2700, et nous redistribuons les 17 wagons de j vers le prochain départ identifié lors du calcul de WDLAI.

Nous ne prenons donc pas nécessairement la même décison selon les deux stratégies. Celle de l'algorithme essaie de tenir compte de l'information disponible pour prendre une décison. La stratégie simple correspond plus au type d'évaluation qu'une personne peut faire normalement étant donné la somme d'information qu'elle peut retenir.

ANNEXE C

LES PARAMÈTRES DU PROGRAMME TRAIN

Dans cette annexe nous énumérons tous les paramètres du programme en expliquant leur rôle respectif. Nous discutons au chapitre 5 du choix des valeurs à fixer aux paramètres ayant un impact sur la stratégie d'opération afin d'obtenir une bonne stratégie.

1. TEMA

   Le temps avant lequel nous considérons les wagons arrivant en gare comme déjà triés au début de notre étude. Ces wagons seront donc considérés, soit dans le faisceau de classification, soit dans le faisceau de départ. Ce paramètre est utilisé pour la lecture du fichier de données.

2. TEMB

   Le temps où commence notre étude. Cela correspond donc au moment de la première décision à prendre quant au prochain train à classifier. Lors de la lecture des données, un train arrivant en gare après TEMA et dont le processus de réception-inspection est terminée avant TEMB sera considéré comme disponible pour l'opération de classification devant débuter à TEMB. Sinon, ce train sera considéré lorsque son heure de disponibilité sera inférieure à l'heure HACT, correspondant au moment où nous devrions déterminer le prochain train à trier durant la construction de la séquence.

3. MLON

   La longueur minimum qu'un train arrivant en gare doit avoir afin que nous le considérions pour le processus de classification. Comme, de façon générale, la plupart des trains sont grands, nous nous sommes concentrés sur les trains les plus gros sans nous préoccuper des plus petits. Dans la pratique, les compagnies assemblent les petits arrivant en gare pour former un bloc qui sera traité en même temps. Nous avons travaillé en posant MLON=45.

4. FENG

Ce paramètre détermine l'heure à laquelle s'arrêtera la lecture du fichier de données. Cette heure est déterminée en posant TEMB+FENG. La longueur de la période de travail considérée par le programme sera égale à FENG-1200*. Une partie des trains arrivant entre TEMB+FENG-1200* et TEMB+FENG seront considérés lors du choix des derniers trains de la séquence pour la période.

5. FENP

Ce paramètre détermine la longueur de la fenêtre de temps durant laquelle nous considérerons disponible l'information sur les trains arrivant en gare. Par exemple, si au temps HACT nous cherchons à déterminer le prochain train à classifier, nous considérerons comme disponible l'information sur tous les trains arrivant en gare et dont le processus de classification est terminé avant HACT+FENP=HEND. La variable HEND est déterminée avant l'appel à la procédure CHOISIR et n'est pas modifiée avant le prochain appel. Nous avons travaillé en posant FENP=600*, longueur qui nous semblait réaliste.

6. LMIN

Le nombre minimum de wagons qu'un train en partance doit avoir pour être autorisé à partir. Nous avons travaillé avec LMIN=80 ou 90.

7. LMOY

Le nombre de wagons marquant un plancher pour le nombre de wagons des trains en partance au-dessus duquel nous devrons faire partir le train sans autre délai. Nous avons travaillé avec LMOY = 100 ou 95.

8. LMAX

Le nombre maximum de wagons qu'un train en partance peut avoir. Nous avons travaillé avec LMAX = 115 ou 100.

---

* en centièmes d'heure.

9. HPTIM

Le paramètre qui nous permet de choisir la fonction de calcul du temps nécessaire pour compléter la classification d'un train. Nous avons deux choix :

i. $t = 20 + 0.5*n$

ii. $t = n$

où n est le nombre de wagons sur le train trié et t est alors le temps nécessaire en minutes pour compléter la classification du train.

Il est raisonnable de considérer t comme proportionnel au nombre de wagons sur un train. Dans les modèles de simulation, la deuxième formule est utilisée, alors que la première correspond à ce que nous pouvons obtenir en développant un modèle de régression linéaire.

Le terme constant de la première fonction s'interprète comme étant le temps nécessaire aux engins effectuant la classification des trains pour descendre du monceau au faisceau de réception après le tri d'un train, et remonter au haut du monceau avec un nouveau train jusqu'à ce que le premier wagon de ce train soit sur le point de glisser vers le faisceau de classification. Le facteur 0,5 du deuxième terme de cette fonction correspond au temps nécessaire entre le moment où un wagon amorce sa descente vers le faisceau de classification et le moment où le wagon suivant fera de même. Donc le deuxième terme correspond au temps nécessaire pour que tous les wagons aient amorcé leur descente vers le faisceau de triage.

10. PORTION

Le paramètre permettant de faire une moyenne pondérée entre l'ancien et le nouvel horaire dans la procédure CHOISIR afin de fixer l'horaire à la fin d'une itération. Pour chaque train en partance, nous fixons son heure de départ, HDEP, comme suit :

HDEP = HOR1 + PORTION * (HOR2 - HOR1)

où

. HOR1 est l'heure de départ prévue par l'horaire au début du processus.

. HOR2 est l'heure de départ proposée par l'horaire développé durant le processus.

. PORTION est un paramètre fixé en entrée qui nous fait fait pencher d'un bord ou de l'autre, et tel que

$0 < PORTION < 1.$

11. EPS

Le paramètre contrôlant l'ampleur des modifications à l'horaire qui est tolérée sans qu'il soit nécessaire de recommencer toute une itération (la sélection du prochain train à classifier).

12. TDEP

La longueur de la fenêtre de temps dans laquelle nous prendrons les prochains départs (voir la section 4.5.1) dont nous nous servons pour le calcul du facteur d'attraction dans le processus de filtrage des trains à trier (voir la section 4.2)

Nous avons utilisé TDEP = 100,200 ou 400 (en centièmes d'heure).

13. DURE

La longueur de la fenêtre de temps que devra recouvrir la séquence construite dans la procédure CHOISIR. La valeur du paramètre peut être modifiée dépendant de celle de ESSAI.

Nous devons cependant prendre DURE < FENP.

14. ESSAI

Le paramètre permettant, si désiré, de prendre une valeur variable pour le paramètre DURE. Si ESSAI=FIXE la valeur de DURE fixée en entrée n'est pas modifiée. Le paramètre DURE, nous permettant de contrôler la longueur de la séquence construite, est fixé,

. si le paramètre ESSAI=VARIABLE, en posant :

DURE = PROF * THUMP(MLON)

où THUMP(MLON) est le temps nécessaire pour classifier le plus petit train (qui possède MLON wagons) que nous considérons;

. si ESSAI=FIXE, en prenant la valeur fournie en entrée pour DURE.

15. PROF

Le nombre de trains que doit avoir une séquence construite dans le B & B. C'est donc un paramètre délimitant l'étendue de la recherche dans l'énumération des séquences. Nous avons imposé les limites suivantes :

$1 \leq PROF \leq 6.$

16. POURCEN

Le paramètre utilisé pour déterminer le nombre de candidats à retenir parmi les trains disponibles pour la classification à une étape donnée lors du processus de filtrage des trains, voir section 4.5.3. Ce paramètre est donc le deuxième contrôlant l'étendue de la recherche dans l'énumération. Nous avons travaillé avec les limites :

$0 < POURCEN \leq 1.0$

La plupart du temps, nous avons travaillé avec POURCEN = 0,50 ou 0,90.

17. STW

Le paramètre déterminant la stratégie utilisée pour la sélection des candidats durant le processus de filtrage. Il nous permet de déterminer la façon de calculer le facteur d'attraction et la façon de l'utiliser (voir la section 4.5.2).

- STW = filtrage pondéré (P)

on calcule le facteur d'attraction en posant

$$F_i = 10^5 \sum_{t \in T_D} \frac{N_{it}}{E_t T_t}$$

- STW = filtrage simple (S)

on calcule le facteur d'attraction en posant

$$F_i = \sum_{t \in T_D} N_{it}$$

18. STRA

Le paramètre déterminant la stratégie utilisée pour la modification de l'horaire. Les deux stratégies ont les règles de modifications de l'horaire suivantes communes. Nous modifions l'horaire des trains qui remplissent l'un des critères suivants :

- (FQW>LMIN) et (HDEP<HFIN+DL2)
  en posant HDEP = HFIN+DL2
- (DQW<LMIN<FQW<LMOY) et (HDEP<HFIN+DL1)
  en posant HDEP = HFIN+DL1
- le départ d'un train est automatiquement fixé à HFIN+DL1 lorsqu'il dépasse le plancher LMOY lors de la classification d'un train.

où DQW et FQW sont les nombres de wagons sur le train en partance avant et après la classification du train considéré, et HFIN est l'heure de la fin de la classification courante.

La distinction entre les deux stratégies repose essentiellement sur la politique de fixation de l'horaire des trains en partance ayant entre LMIN et LMOY wagons. Lorsque nous examinons un train en partance qui a déjà plus de LMIN wagons avant le début de la classification courante, nous avons les deux stratégies suivantes :

i) Avec STRA=stratégie simple, nous ne tenons compte que de l'heure de départ des trains. Les trains seront autorisés à partir à max{HACT+DLØ,HDEP} sans attendre les wagons présentement en classification si HDEP HFIN+DL2. Sinon leur heure de départ reste inchangée et nous attendons les wagons.

ii) Avec STRA=stratégie spéciale, nous travaillons avec une stratégie développée en se basant sur la mémorisation du dernier moment où un train en partance a reçu des wagons. Les trains sont soumis à un examen afin de déterminer s'il est préférable d'attendre les wagons en voie d'être triés ou s'il est préférable de faire partir le train au plus tôt.

Dans le premier cas, l'heure de départ est fixée à HFIN+DL1 si (HDEP<HFIN+DL1) ou si (FQW>LMOY).

Dans le deuxième cas, le train est autorisé à partir à max{HACT+DLØ,HMOD}, où HMOD est l'heure la plus rapprochée à laquelle aurait pu partir le train suite à la dernière classification où le train a reçu des wagons (pour le détail du calcul, voir la section 4.6.2).

Nous avons travaillé avec DLØ, DL1 et DL2 fixés à 300, 400 et 500 centièmes d'heures.

19. HORD

Nous permet de choisir quel horaire nous voulons conserver à la suite de l'identification de la meilleure séquence dans la procédure BRANCHE. L'horaire retenu sera utilisé pour définir l'horaire pour l'itération suivante dans la procédure CHOISIR.

HORD=premier train (P) indique que nous conservons l'horaire correspondant à la classification du premier train de la séquence.

HORD=dernier train (D) indique que nous conservons l'horaire correspondant au parachèvement de la séquence.

20. TRIV

Ce dernier paramètre nous permet de tester des stratégies simples pour résoudre le problème. Si TRIV=VRAI, nous évaluons le coût respectif des séquences construites selon chacune des trois stratégies suivantes :

a) MEILLEUR : à chaque étape nous choisissons le meilleur train selon la stratégie de filtrage choisie.

b) FIFO : à chaque étape nous choisissons les trains selon l'ordre de leur mise en disponibilité pour la classification.

c) BIG : à chaque étape nous choisissons le plus grand train (i.e. celui ayant le plus grand nombre de wagons) disponible pour la classification à cet instant.

ANNEXE D

LE PROGRAMME TRAIN

```
10=*WEOR
20=*FTN
30=*NUM
40=       PROGRAM TRAIN(TAPE1, TAPE2, TAPE3, TAPE4)
50=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
60=       DIMENSION MEMHOR(00037,00004)    ,HORAIR(00037,00004)
70=      +         ,GWAG(00037,00004)      ,MODIF(00037,00004)
80=      +         ,MEMCOR(01111),CORR(01111),LISTIN(00037,00003)
90=       REAL XTO,XT1
100=      LOGICAL PARTI(00037,00004)
110=*INCL 1 * COMTR
120=      DATA ((PARTI(I,J),J=1,00004),I=1,00037)/00148*.FALSE./
130=      DATA PTJOUR,NBCAS,NBIT/1,2*0/
140=      CALL LIRHOR
150=      CALL LECTURE(HORAIR,00037,00004)
160=      CALL LIDONCN(GWAG,HORAIR,CORR,MODIF,PARTI,00037,00004,01111)
170=      CALL PUTAINB(CORR,MEMCOR,1,01111,1,1)
180=      CALL PUTAINB(HORAIR,MEMHOR,1,00037,1,00004)
190=      JOUR=TEMB+FENG-1200
200=      IF (TRIV)
210=     + CALL TRIVIAL(JOUR,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,MODIF,00037,00004,01111)
220=      HACT=TEMB
230=      HEND=HACT+FENP
240=      CALL SECOND(XTO)
250=   15 CALL CHOISIR(HACT,HEND,NBCAS,NBIT,PTJOUR,SCSEJ
260=     +           ,SCMSJ,STOT,SMOY,LISTIN
270=     +           ,00003,00037,00004,01111,GWAG,PARTI,MODIF,HORAIR,CORR)
320=      IF (HACT.LT.JOUR) THEN
330=           IX=MAXARR-PTJOUR
340=           IF (IX.GT.0) THEN
350=                IF (IX.LT.PROF) PROF=IX
360=                PTJOUR=PTJOUR+1
370=                IF (PTJOUR.GT.00037) STOP
380=                IF (OUV) HEND=HACT+FENP
390=                GOTO 15
400=              ENDIF
410=         ENDIF
420=      CALL SECOND(XT1)
430=      CALL PRINT1(STOT,SMOY,SCSEJ,SCMSJ,LISTIN,PTJOUR
440=     +           ,NBIT,NBCAS,XT1-XTO,HACT,HEND)
450=      CALL PRINT2(MEMCOR,CORR,MEMHOR,HORAIR,GWAG,PARTI,HEND
460=     ,           ,00037,00004,01111)
470=      CALL PRINT3(MEMHOR,HORAIR,GWAG,PARTI,00037,00004)
480=      WRITE(4,''('1FIN DU PROGRAMME')')
490=      STOP
500=      END
510=*=====================================================================
520=      SUBROUTINE AFFECT(IAFFEC,TEMP)
530=
540=*    CETTE SOUS-ROUTINE AFFECTE LES INFORMATIONS SERVANT DE
550=*   CLES, POUR L'ELEMENT DE LA MATRICE A TRIER DONT L'INDICE
560=*   EST 'IAFFEC', AU TABLEAU TEMPORAIRE 'TEMP'
570=
580=      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
590=      COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
600=      DIMENSION TEMP(1)
610=      INTEGER MATTRI,TEMP
620=
630=      DO 10 I=1,1
640=      KLE = CLE(I)
650=      TEMP(I) = MATTRI(IAFFEC,KLE)
660=   10 CONTINUE
670=
680=      RETURN
690=      END
700=*=====================================================================
710=      SUBROUTINE ATRAK(PTR,NXGO,LMGO,GWAG,SOM,CORR
720=     +                ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY,BZ)
730=      IMPLICIT INTEGER (A-W)
740=      LOGICAL PLEIN(00015)
```

```
      DIMENSION QWAQ(BX,BY),CORR(BZ)
     +          ,NXQO(1:BT2,BU1:BU2),LMQO(0:BT2)
*INCL 1 * COMTR
      CALL PUTVAL(PLEIN,1,BT2,1,1,0)
      CALL PUTVAL(NXQO,1,BT2,BU1,BU1,0)
      LDIF=LMAX-LMIN
      SOM=0
      MAXJ=LMQO(0)
      IF (STW) THEN
10        ALISPTR=ALISTAQ(PTR)
          AWQ=AWAQTAG(PTR)
          DO 30 J=1,MAXJ
            IF (PLEIN(J)) GOTO 30
            MAXK=LMQO(J)
            TRINJO=NXQO(J,0)
            QJ=NXQO(J,-2)
            DO 20 K=1,MAXK
              IF (ALISPTR.EQ.NXQO(J,K)) THEN
                    IF (CORR(PTR).NE.TRINJO) CORR(PTR)=TRINJO
                  NXQO(J,BU1)=NXQO(J,BU1)+AWQ
                  SQW=NXQO(J,BU1)-QJ
                  IF (SQW.GT.LDIF) THEN
                        NXQO(J,BU1)=LDIF+QJ
                        PLEIN(J)=.TRUE.
                        AWQ=SQW
                         GOTO 30
                    ENDIF
                 GOTO 40
               ENDIF
20           CONTINUE
30         CONTINUE
40         PTR=ANEXTAQ(PTR)
           IF(PTR.GT.0) GOTO 10
         DO 50 J=1,MAXJ
           IF (NXQO(J,BU1).EQ.0) GOTO 50
           SOM=SOM-(100000*NXQO(J,BU1))/(NXQO(J,-2)*NXQO(J,-1))
50       CONTINUE
       ELSE
60       ALISPTR=ALISTAQ(PTR)
         DO 80 J=1,MAXJ
           MAXK=LMQO(J)
           TRINJO=NXQO(J,0)
             DO 70 K=1,MAXK
               IF (ALISPTR.EQ.NXQO(J,K)) THEN
                     IF (CORR(PTR).NE.TRINJO) CORR(PTR)=TRINJO
                     SOM=SOM-AWAQTAG(PTR)
                     GOTO 90
                   ENDIF
70           CONTINUE
80         CONTINUE
90         PTR=ANEXTAQ(PTR)
           IF(PTR.GT.0) GOTO 60
       ENDIF
      RETURN
      END
*=====================================================================
      SUBROUTINE BESTRIN(HEND,TLIM,QWAQ,HORAIR,BX,BY,BZ
     +                  ,THP,MX,CORR,PARTI,MODIF)
      IMPLICIT INTEGER (A-W)
      PARAMETER (DIM=00050)
      LOGICAL PARTI(BX,BY)
      DIMENSION THP(BX),LISTE(00050)
     +         ,QWAQ(BX,BY),HORAIR(BX,BY),CORR(BZ),MODIF(BX,BY)
     +         ,NXQO(00001:00015,-0003:00010),LMQO(00000:00015)
*INCL 1 * COMTR
      T=TEMB
10    IF (T.LT.TLIM) THEN
            CALL FILTRE(T,T,NXQO,LMQO,QWAQ,HORAIR,PARTI,CORR,LISTE
     +                 ,MAX,DIM,-3,00000,BY,00010,00015,BX,BZ)
            IF (MAX.NE.0) THEN
```

```
1450=                     C=LISTE(1)
1460=                     PTR=TAGARR(C)
1470=                     CALL HUMP(C,T,TI,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,T,MODIF
1480=     +                     ,BX,BY,BZ)
1490=                     MX=MX+1
1500=                     THP(MX)=C
1510=                     HMPARR(C)=T
1520=                     T=TI
1530=                     GOTO 10
1540=                   ENDIF
1550=               ENDIF
1560=       CALL COMPLET(HEND,HORAIR,GWAG,T,CORR,PARTI,T,MODIF,BX,BY,BZ)
1570=       RETURN
1580=       END
1590=*=====================================================================
1600=       SUBROUTINE BIG(HEND,TLIM,GWAG,HORAIR,THP,MXT,CORR,PARTI,MODIF
1610=      +                     ,BX,BY,BZ)
1620=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
1630=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
1640=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
1650=       DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),LISTE(00050)
1660=      +          ,CORR(BZ),MODIF(BX,BY),THP(BX)
1670=      +          ,NXGO(00001:00015,-0003:00010),LMGO(00000:00015)
1680=*INCL 1 * COMTR
1690=       MXT=0
1700=       T=TEMB
1710=    10 CALL NEXDEP(T,T,NXGO,LMGO,GWAG,HORAIR,PARTI
1720=      +               ,00000,00015,-3,00010,BX,BY)
1730=       CALL INVENT(MAX,LISTE,00050,T)
1740=       DO 20 I=1,MAX
1750=       MATTRI(I,1)=LISTE(I)
1760=       MATTRI(I,2)=-NBARR(LISTE(I))
1770=    20  CONTINUE
1780=       CLE(1)=2
1790=       CALL TRIGS(MAX)
1800=       C=MATTRI(1,1)
1810=       PTR=TAGARR(C)
1820=       CALL HUMP(C,T,TI,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,T,MODIF,BX,BY,BZ)
1830=       MXT=MXT+1
1840=       THP(MXT)=C
1850=       HMPARR(C)=T
1860=       IF (TI.LT.TLIM) THEN
1870=             T=TI
1880=             GOTO 10
1890=           ENDIF
1900=       CALL COMPLET(HEND,HORAIR,GWAG,TI,CORR,PARTI,T,MODIF,BX,BY,BZ)
1910=       RETURN
1920=       END
1930=*=====================================================================
1940=       SUBROUTINE BRANCHE(HACT,HEND,HDEB,FINSEG,BESTOT,BESMOY,GWAG,HORAIR
1950=      +                     ,BCSEJ,BCMSJ,TINHUMP,PTL,CORR,PARTI,MODIF,NBSEG
1960=      +                    ,BV,BW,BX,BY,BZ)
1970=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
1980=       LOGICAL P1,P2,TPAR(00037,00004,00000:00006),PARTI(BX,BY)
1990=       DIMENSION GWAG(BX,BY),MODIF(BX,BY),CORR(BZ),HORAIR(BX,BY)
2000=      +          ,LISTE(00050,00006),HUMP(00006),MAX(00006)
2010=      +          ,T(0000:00006),C(00006),PILE(00006)
2020=      +          ,NXGO(00001:00015,-0003:00010),LMGO(00000:00015)
2030=      +          ,THOR(00037,00004,00000:00006),TCOR(01111,00000:00006)
2040=      +          ,TGWA(00037,00004,00000:00006)
2050=      +          ,TMOD(00037,00004,00000:00006)
2060=      +          ,BEST(00000:00090),THP(00012),TINHUMP(BV,BW)
2070=*INCL 1 * COMTR
2080=       P1=(PROF.EQ.01)
2090=       P2=(HACT.EQ.HDEB)
2100=       IF (P1) THEN
2110=             Z1=2
2120=          ELSE
2130=             Z1=1
2140=          ENDIF
```

```
2150=       BESMOY=1000000
2160=       T(0)=HDEB
2170=       MXT=PTL
2180=       NIV=1
2190=       PRE=0
2200=       CALL COPIE(HORAIR,THOR(1,1,0),GWAG,TGWA(1,1,0),CORR,TCOR(1,0)
2210=      +           ,PARTI,TPAR(1,1,0),MODIF,TMOD(1,1,0),BX,BY,BZ)
2220=       CALL PUTAINB(TINHUMP,THP,1,BV,1,1)
2230=       CALL PUTVAL(PILE,1,PROF,1,1,1)
2240=    10 CALL FILTRE(HACT,T(PRE),NXGO,LMGO,TGWA(1,1,PRE),THOR(1,1,PRE)
2250=      +           ,TPAR(1,1,PRE),TCOR(1,PRE),LISTE(1,NIV)
2260=      +           ,MAX(NIV),00020,-3,00000,BY,00010,00015,BX,BZ)
2270=    20 PT=PILE(NIV)
2280=       IF (PT.LE.MAX(NIV)) THEN
2290=            IF ((PT.EQ.1).AND.(NIV.EQ.PROF)) NBSEQ=NBSEQ+MAX(NIV)
2300=            HUMP(NIV)=PT
2310=            PILE(NIV)=PT+1
2320=            CALL TRAITE(THOR(1,1,PRE),THOR(1,1,NIV),TGWA(1,1,PRE)
2330=      +           ,TGWA(1,1,NIV),TCOR(1,PRE),TCOR(1,NIV),TPAR(1,1,PRE)
2340=      +           ,TPAR(1,1,NIV),TMOD(1,1,PRE),TMOD(1,1,NIV),THP
2350=      +           ,BV,PTL,MXT,HUMP(NIV),C(NIV),T(PRE),T(NIV),HACT
2360=      +           ,NXGO,LMGO,LISTE(1,NIV),00020,NIV
2370=      +           ,0,BY,00010,00015,BX,BZ)
2380=            IF (P1) CALL COPIE(THOR(1,1,NIV),THOR(1,1,Z1),TGWA(1,1,NIV)
2390=      +                ,TGWA(1,1,Z1),TCOR(1,NIV),TCOR(1,Z1),TPAR(1,1,NIV)
2400=      +                ,TPAR(1,1,Z1),TMOD(1,1,NIV),TMOD(1,1,Z1)
2410=      +                ,BX,BY,BZ)
2420=            IF (NIV.EQ.PROF) THEN
2430=                 CALL COMPLET(HEND,THOR(1,1,NIV),TGWA(1,1,NIV),T(NIV)
2440=      +                ,TCOR(1,NIV),TPAR(1,1,NIV),HACT,TMOD(1,1,NIV)
2450=      +                ,BX,BY,BZ)
2460=                 CALL EVALUE(THOR(1,1,Z1),TGWA(1,1,Z1),TCOR(1,Z1)
2470=      +                ,TPAR(1,1,Z1),TMOD(1,1,Z1),HORAIR ,GWAG ,CORR
2480=      +                ,PARTI,MODIF,THOR(1,1,NIV),TCOR(1,NIV),0,BY
2490=      +                ,BV,BX,00090,BZ,C(1),THP,MXT
2500=      +                ,BCSEJ,BCMSJ,BEST,BESTOT,BESMOY,T(0),HEND)
2510=                 GOTO 20
2520=               ELSE
2530=                 PRE=NIV
2540=                 NIV=NIV+1
2550=                 PILE(NIV)=1
2560=                 GOTO 10
2570=               ENDIF
2580=          ELSEIF (PRE.GT.0) THEN
2590=            NIV=PRE
2600=            PRE=PRE-1
2610=            GOTO 20
2620=          ENDIF
2630=       PTL=PTL+1
2640=       IF (HDEB.NE.T(0)) THEN
2650=            HDEB=T(0)
2660=            IF (P2) HACT=HDEB
2670=          ENDIF
2680=       CALL CLEAN(BV,PTL,THP)
2690=       HMPARR(BEST(0))=-HDEB
2700=       FINSEQ=HDEB+THUMP(NBARR(BEST(0)))
2710=       TINHUMP(PTL,1)=BEST(0)
2720=       TINHUMP(PTL,2)=HDEB
2730=       TINHUMP(PTL,3)=FINSEQ
2740=       RETURN
2750=       END
2760=*=======================================================================
2770=       SUBROUTINE CALDLAI(PTR,TNO,KNO,HDEP,PNEX,NWDEP,HORAIR,GWAG
2780=      +           ,WDLAI,PARTI,BX,BY,BZ)
2790=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
2800=       LOGICAL BOOL,PARTI(BX,BY)
2810=       DIMENSION GWAG(BX,BY),PNEX(BZ),NWDEP(BZ),HORAIR(BX,BY)
2820=*INCL  1 * COMTR
2830=       BOOL=(WDLAI.EQ.0)
2840=       CALL PUTVAL(NWDEP,1,MAXALST,1,1,0)
```

```
2850=       IF (KNO.EQ.BY) GOTO 99
2860=    20 NEXT=TNO
2870=       NEXK=KNO+1
2880=       NEXH=HORAIR(NEXT,NEXK)
2890=       CALL SUIVANT (HDEP,ALISTAG(PTR),NEXT,NEXK,NEXH,GWAG,HORAIR,PARTI
2900=      +                    ,BX,BY,BZ)
2910=       IF (BOOL) WDLAI=WDLAI+(NEXH-HDEP)*AWAGTAG(PTR)
2920=       NWDEP(PTR)=NEXT*10+NEXK
2930=       PTR=PNEX(PTR)
2940=       IF (PTR.GT.0) GOTO 20
2950=       RETURN
2960=    99 WRITE(4,'('' KNO=4 IN CALDLAI: PTR '',I3,'' TNO '',I2)') PTR,TNO
2970=       WRITE(4,'('' BOOL='',L7)') BOOL
2980=       WRITE(4,'('' GWAG: '',00004(1X,I3))') (GWAG(TNO,I),I=1,BY)
2990=       STOP
3000=       END
3010=*=====================================================================
3020=       SUBROUTINE CHOISIR(HACT,HEND,NBCAS,NBIT,PTJOUR
3030=      +                  ,SCSEJ,SCMSJ,STOT,SMOY,LISTIN
3040=      +                  ,BW,BX,BY,BZ,GWAG,PARTI,MODIF,HORAIR,CORR)
3050=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
3060=       LOGICAL PARTI(BX,BY),MEMPAR(00037,00004)
3070=       LOGICAL TPAR1(00037,00004),TPAR2(00037,00004),PASLA
3080=       DIMENSION TINHUMP(00012,00003),LISTIN(BX,BW),LIT(00010)
3090=      +          ,GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),CORR(BZ),MODIF(BX,BY)
3100=      +          ,THOR1(00037,00004),THOR2(00037,00004),TCOR1(01111)
3110=      +          ,TGWA1(00037,00004),TGWA2(00037,00004),TCOR2(01111)
3120=      +          ,TMOD1(00037,00004),TMOD2(00037,00004)
3130=      +          ,MEMGWA(00037,00004),MEMMOD(00037,00004)
3140=*INCL  1 * COMTR
3150=       DATA (LIT(I),I=1,00010)/00010*0/
3160= 1500 FORMAT(' POUR LE ',I2,'-IEME TRAIN ITERATION:  ',I3
3170=      +       ,' COUT DE LA SOLUTION ',I10,'     SEJOUR MOYEN',I6/
3180=      +       ,'  TRAIN        HUMPE'/,'                DE        A')
3190= 2000 FORMAT(3X,I3,3X,I6,3X,I6)
3200= 3000 FORMAT(' ***LE',I3,'-IEME TRAIN SELECTIONNE :',I3,' SEJOUR TOTAL'
3210=     +,I10,'   SEJOUR MOYEN',I6//)
3211=       IT=1
3212=       HORIZON=HACT+DURE
3213=       SMOY=1000000
3220=    10 DEBSEQ=HACT
3230=       PTL=0
3240=       NBSEQ=0
3250=       CALL PUTVAL(TINHUMP,00001,00012,00001,BW,0)
3260=       CALL COPIE(HORAIR,THOR1,GWAG,TGWA1,CORR,TCOR1,PARTI,TPAR1
3270=      +          ,MODIF,TMOD1,BX,BY,BZ)
3280=    50 CALL BRANCHE(HACT,HEND,DEBSEQ,FINSEQ,TOTAL,MTOT,TGWA1,THOR1
3290=      +          ,BCSEJ,BCMSJ,TINHUMP,PTL,TCOR1,TPAR1,TMOD1,NBSEQ
3300=      +          ,00012,BW,BX,BY,BZ)
3310=       IF (DEBSEQ.EQ.HACT) THEN
3320=            CALL PUTAINB(TPAR1,MEMPAR,00001,BX,00001,BY)
3330=            CALL PUTAINB(TGWA1,MEMGWA,00001,BX,00001,BY)
3340=            CALL PUTAINB(TMOD1,MEMMOD,00001,BX,00001,BY)
3350=          ENDIF
3360=       IF (FINSEQ.LT.HORIZON) THEN
3370=            DEBSEQ=FINSEQ
3380=            GOTO 50
3390=          ENDIF
3400=       WRITE(4,1500) PTJOUR,IT,TOTAL,MTOT
3410=       WRITE(4,2000) ((TINHUMP(I,J),J=00001,BW),I=00001,PTL)
3420=       WRITE(4,'('' NOMBRE DE BRANCHES ETUDIEES: '',I6)') NBSEQ
3430=       NBCAS=NBCAS+NBSEQ
3440=       IF (PASLA(MTOT,LIT,00010,IT-1)) THEN
3450=         LIT(IT)=MTOT
3460=         IF (MTOT.LT.SMOY) THEN
3470=              SMOY=MTOT
3480=              SCMSJ=BCMSJ
3490=              STOT=TOTAL
3500=              SCSEJ=BCSEJ
3510=              LTIN=TINHUMP(1,1)
```

```
3520=                LDEB=TINHUMP(1,2)
3530=                LFIN=TINHUMP(1,3)
3540=                CALL COPIE(THOR1,THOR2,MEMGWA,TGWA2,TCOR1,TCOR2,MEMPAR
3550=     +                    ,TPAR2,MEMMOD,TMOD2,BX,BY,BZ)
3560=             ENDIF
3570=          CALL MODHOR(HORAIR,THOR1,TDIFF,BX,BY)
3580=          CALL CLEAN(00012,1,TINHUMP(1,1))
3590=          IF (TDIFF.GT.EPS) THEN
3600=                CALL PUTAINB(THOR1,HORAIR,00001,BX,00001,BY)
3610=                CALL PUTAINB(TCOR1,CORR,00001,BZ,00001,00001)
3620=                IT=IT+1
3630=                IF (IT.LE.10) GOTO 10
3640=             ENDIF
3650=          ELSE
3660=           CALL CLEAN(00012,1,TINHUMP(1,1))
3670=          ENDIF
3680=         CALL COPIE(THOR2,HORAIR,TGWA2,GWAG,TCOR2,CORR,TPAR2
3690=        +                ,PARTI,TMOD2,MODIF,BX,BY,BZ)
3700=         LISTIN(PTJOUR,1)=LTIN
3710=         LISTIN(PTJOUR,2)=LDEB
3720=         HMPARR(LTIN)=LDEB
3730=         HACT=LFIN
3740=         LISTIN(PTJOUR,3)=LFIN
3750=         WRITE(4,3000) PTJOUR,LTIN,STOT,SMOY
3751=         NBIT=NBIT+IT
3760=         RETURN
3770=         END
3780=*=======================================================================
3790=         SUBROUTINE CLEAN(DIM,DEB,THP)
3800=         IMPLICIT INTEGER (A-W)
3810=         DIMENSION THP(DIM)
3820=*INCL 1 * COMTR
3830=         PTR=DEB
3840=    10   IF (PTR.LE.DIM) THEN
3850=                TIN=THP(PTR)
3860=                IF (TIN.GT.0) THEN
3870=                      HMPARR(TIN)=0
3880=                      THP(PTR)=0
3890=                      PTR=PTR+1
3900=                      GOTO 10
3910=                   ENDIF
3920=           ENDIF
3930=         RETURN
3940=         END
3950=*=======================================================================
3960=         INTEGER FUNCTION COMPAR(ICOMP,TEMP)
3970=
3980=*     CETTE FONCTION COMPARE DEUX ELEMENTS SELON LES CLES DEJA
3990=*    DEFINIES
4000=
4010=         IMPLICIT INTEGER (A-Z)
4020=         COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
4030=         DIMENSION TEMP(1)
4040=         INTEGER MATTRI,TEMP
4050=         DO 10 I=1,1
4060=         KLE = CLE(I)
4070=         IF(MATTRI(ICOMP,KLE)-TEMP(I)) 20,10,30
4080=    10   CONTINUE
4090=
4100=         COMPAR = 0
4110=         RETURN
4120=
4130=    20   COMPAR = -1
4140=         RETURN
4150=
4160=    30   COMPAR = 1
4170=         RETURN
4180=
4190=         END
4200=*=======================================================================
```

```
4210=       SUBROUTINE COMPLET(HEND,HORAIR,QWAG,TIME,CORR,PARTI,HACT,MODIF
4220=      +                  ,BX,BY,BZ)
4230=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
4240=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
4250=       DIMENSION QWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),MODIF(BX,BY),CORR(BZ)
4260=*INCL  1 * COMTR
4270=       TOT=HACT+300
4280=       TIN=1
4290=    10 IF (HMPARR(TIN).EQ.0) THEN
4300=             HARR=DISPARR(TIN)
4310=             IF (HARR.LT.TIME) HARR=TIME
4320=             CALL HUMP(TIN,HARR,TFHP,QWAG,HORAIR,CORR,PARTI,HACT,MODIF
4330=      +                ,BX,BY,BZ)
4340=          ENDIF
4350=       IF (TIN.LT.MAXARR) THEN
4360=             TIN=TIN+1
4370=             IF (DISPARR(TIN).LE.HEND) GOTO 10
4380=          ENDIF
4400=       DO 30 TIN=1,BX
4410=         DO 20 NO=1,BY
4420=           IF ((.NOT.PARTI(TIN,NO)).AND.(QWAG(TIN,NO).GE.LMIN)) THEN
4440=                HORAIR(TIN,NO)=MAX(TOT,MODIF(TIN,NO))
4450=             ENDIF
4460=    20     CONTINUE
4470=    30   CONTINUE
4480=    40 RETURN
4490=       END
4500=*=====================================================================
4510=       SUBROUTINE CONXION(CORRO,CORR1,HORAIR,HEND,BX,BY,BZ)
4520=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
4530=       INTEGER CORRO(BZ),CORR1(BZ),HORAIR(BX,BY)
4540=*INCL  1 * COMTR
4550=       OKCONX=0
4560=       NOCONX=0
4570=       DO 10 I=1,MAXALST
4580=       IF (DISPARR(ATRIN(I)).GT.HEND) GOTO 20
4590=         ITIN=CORRO(I)
4600=         IF (ITIN.EQ.0) GOTO 10
4610=         FTIN=CORR1(I)
4620=         IF (ITIN.EQ.FTIN) THEN
4630=              OKCONX=OKCONX+AWAGTAG(I)
4640=           ELSE
4650=              CALL IDENT(ITIN,INO)
4660=              CALL IDENT(FTIN,FNO)
4670=              IF ((HORAIR(FTIN,FNO)).LT.(HORAIR(ITIN,INO)+0300))
4680=      +          THEN
4690=                   OKCONX=OKCONX+AWAGTAG(I)
4700=                 ELSE
4710=                   NOCONX=NOCONX+AWAGTAG(I)
4720=                 ENDIF
4730=           ENDIF
4740=    10   CONTINUE
4750=    20 WRITE(4,100) OKCONX,NOCONX,(OKCONX*100)/(OKCONX+NOCONX)
4760=   100 FORMAT (' CONNEXIONS REUSSIES ',I6,' MANQUEES ',I6
4770=      +       ,' POURCENTAGE DE REUSSITE ',I2//)
4780=       RETURN
4790=       END
4800=*=====================================================================
4810=       SUBROUTINE COPIE(H1,H2,Q1,Q2,AD1,AD2,P1,P2,L1,L2,BX,BY,BZ)
4820=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
4830=       DIMENSION H1(BX,BY),H2(BX,BY),L1(BX,BY),L2(BX,BY)
4840=      +         ,Q1(BX,BY),Q2(BX,BY),P1(BX,BY),P2(BX,BY)
4850=      +         ,AD1(BZ),AD2(BZ)
4860=*INCL  1 * COMTR
4870=       CALL PUTAINB(AD1,AD2,1,MAXALST,1,1)
4880=       DO 40 K=1,BY
4890=         DO 30 J=1,BX
4900=           Q2(J,K)=Q1(J,K)
4910=           H2(J,K)=H1(J,K)
4920=           L2(J,K)=L1(J,K)
```

```
4930=            P2(J,K)=P1(J,K)
4940=    30    CONTINUE
4950=    40  CONTINUE
4960=        RETURN
4970=        END
4980=*=======================================================================
4990=        SUBROUTINE COUT (HEND,SEJOUR,CSEJ,MSEJ,CMSJ,HORAIR,CORR,BX,BY,BZ)
5000=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
5010=        DIMENSION HORAIR(BX,BY),CORR(BZ)
5020=*INCL 1 * COMTR
5030=        SEJOUR=0
5040=        TNB=0
5050=        TRINTG=1
5060=    10  IF (DISPARR(TRINTG).LE.HEND) THEN
5070=                HARR=HEUARR(TRINTG)
5080=                TG=TAGARR(TRINTG)
5090=    15          TNO=CORR(TG)
5100=                IF (TNO.NE.0) THEN
5110=                      CALL IDENT(TNO,KNO)
5120=                      NB=AWAGTAG(TG)
5130=                      SEJOUR=SEJOUR+NB*(HORAIR(TNO,KNO)-HARR)
5140=                      TNB=TNB+NB
5150=                   ENDIF
5160=                TG=TG+1
5170=                IF (TG.LE.MAXALST) THEN
5180=                      IF (ATRIN(TG).EQ.TRINTG) GOTO 15
5190=                      TRINTG=TRINTG+1
5200=                      IF (TRINTG.LE.MAXARR) GOTO 10
5210=                   ENDIF
5220=           ENDIF
5230=        CSEJ=SEJOUR
5240=        CMSJ=SEJOUR/TNB
5280=        DO 30 TG=1,00108
5290=          DO 20 K=1,BY
5300=            TNO=CDEP(TG,K)
5310=            CALL IDENT(TNO,KNO)
5320=            IF ((TNO*KNO).NE.0) THEN
5330=                  HDEP=HORAIR(TNO,KNO)-TEMB
5340=                  IF (HDEP.GT.0) THEN
5350=                        NB=CNBWAG(TG,K)
5360=                        SEJOUR=SEJOUR+NB*HDEP
5370=                        TNB=TNB+NB
5380=                    ENDIF
5390=               ENDIF
5400=    20      CONTINUE
5410=    30    CONTINUE
5420=        MSEJ=SEJOUR/TNB
5450=        RETURN
5460=        END
5470=*=======================================================================
5480=        SUBROUTINE DAYHOUR(T,S,J,H)
5490=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
5500=        H=T-194400
5510=        S=H/16800
5520=        J=6-MOD(H/2400,7)
5530=        H=MOD(H,2400)
5540=        RETURN
5550=        END
5560=*=======================================================================
5570=        SUBROUTINE DEPART(ETIQ,GWAG,HDISP,NO,K,NBRE,HORAIR,BX,BY)
5580=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
5590=        DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY)
5600=*INCL 1 * COMTR
5610=        HTOT=TEMB+0400
5620=        NO=TAGTRIN(ETIQ)
5630=        IF (NO.NE.0) THEN
5640=            HDEC=HDISP+400
5650=            K=1
5660=            CALL NEXTRIN(HDEC,NO,K,GWAG,HBEST,HORAIR,BX,BY)
5670=            TNO=NO
```

```
5680=            SUIV=TRINDES(NO)
5690=    10      IF (SUIV.LT.00038) THEN
5700=               TQ=TRINTAQ(SUIV)
5710=    20         IF (TQ.NE.ETIQ) THEN
5720=                  TQ=TAQTAQ(TQ)
5730=                  IF (TQ.LT.00109) GOTO 20
5740=                  SUIV=TRINDES(SUIV)
5750=                ELSE
5760=                  SK=1
5770=                  CALL NEXTRIN(HDEC,SUIV,SK,QWAQ,HDEP,HORAIR,BX,BY)
5780=                  IF (HDEP.LT.HBEST) THEN
5790=                     HBEST=HDEP
5800=                     NO=SUIV
5810=                     K=SK
5820=                     SUIV=TRINDES(NO)
5830=                  ELSE
5840=                     SUIV=TRINDES(SUIV)
5850=                  ENDIF
5860=               ENDIF
5870=               IF (SUIV.NE.TNO) GOTO 10
5880=            ENDIF
5890=            QWAQ(NO,K)=QWAQ(NO,K)+NBRE
5900=            IF (QWAQ(NO,K).GE.LMOY) THEN
5910=               IF (HDEC.LT.TEMB) THEN
5920=                  HORAIR(NO,K)=HTOT
5930=               ELSEIF (HDEC.GT.HORAIR(NO,K)) THEN
5940=                  HORAIR(NO,K)=HDEC
5950=               ENDIF
5960=            ELSEIF (QWAQ(NO,K).LT.LMIN) THEN
5970=               IF (HDEC.GT.HORAIR(NO,K)) HORAIR(NO,K)=HDEC
5980=            ENDIF
5990=         ELSE
6000=            K=0
6010=         ENDIF
6020=         RETURN
6030=         END
6040=*=================================================================================
6050=         SUBROUTINE ENCHAIN(PTR,TNO,KNO,PWAQ,PNEX,BX,BY,BZ)
6060=         IMPLICIT INTEGER (A-W)
6070=         DIMENSION PWAQ(BX,BY),PNEX(BZ)
6080=*INCL 1 * COMTR
6090=         SUIV=PWAQ(TNO,KNO)
6100=         IF (SUIV.EQ.0) THEN
6110=            PWAQ(TNO,KNO)=PTR
6120=         ELSE
6130=    10      NEX=SUIV
6140=            SUIV=PNEX(NEX)
6150=            IF (SUIV.GT.0) GOTO 10
6160=            PNEX(NEX)=PTR
6170=         ENDIF
6180=         RETURN
6190=         END
6200=*=================================================================================
6210=         SUBROUTINE EVALUE(HORAIRO,QWAQO,CORRO,PARTIO,MODIFO
6220=        +                 ,HORAIR1   ,QWAQ1   ,CORR1,PARTI1,MODIF1
6230=        +                 ,HORAIR2,CORR2,BT1,BY,BV,BX,BS,BZ,C1,THP,MXT
6240=        +                 ,BCSEJ,BCMSJ,BEST,BESTOT,BESMOY,DEBSEQ,HEND)
6250=         IMPLICIT INTEGER (A-W)
6260=         LOGICAL PARTIO(BX,BY),PARTI1(BX,BY)
6270=         DIMENSION BEST(BT1:BS),THP(BV),CORRO(BZ),CORR1(BZ),CORR2(BZ)
6280=        +         ,HORAIRO(BX,BY),HORAIR1(BX,BY),HORAIR2(BX,BY)
6290=        +         ,QWAQO(BX,BY),QWAQ1(BX,BY),MODIFO(BX,BY),MODIF1(BX,BY)
6300=*INCL 1 * COMTR
6330=         CALL COUT(HEND,TOTAL,CSEJ,MTOT,CMSJ,HORAIR2,CORR2,BX,BY,BZ)
6340=         IF (MTOT.LT.BESMOY) THEN
6350=            BESMOY=MTOT
6360=         BCMSJ=CMSJ
6370=            BESTOT=TOTAL
6380=         BCSEJ=CSEJ
6390=            BEST(0)=C1
```

```
6400=                I=1
6410=    10          IF (THP(I).NE.C1) THEN
6420=                     I=I+1
6430=                     GOTO 10
6440=                ENDIF
6450=                IMIN=I
6460=                DO 20 I=IMIN,MXT-1
6470=                  BEST(THP(I))=THP(I+1)
6480=    20          CONTINUE
6490=                BEST(THP(MXT))=0
6500=                IF (HORD) THEN
6510=                     CALL COPIE(HORAIR0,HORAIR1,GWAG0,GWAG1,CORR0,CORR1
6520=      +             ,PARTI0,PARTI1,MODIF0,MODIF1,BX,BY,BZ)
6530=                ELSE
6540=                     CALL COPIE(HORAIR2,HORAIR1,GWAG0,GWAG1,CORR2,CORR1
6550=      +             ,PARTI0,PARTI1,MODIF0,MODIF1,BX,BY,BZ)
6560=                ENDIF
6570=            ENDIF
6590=        RETURN
6600=        END
6610=*=======================================================================
6620=        SUBROUTINE FIFO(HEND,TLIM,GWAG,HORAIR,THP,MXT,CORR,PARTI,MODIF
6630=      +                 ,BX,BY,BZ)
6640=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
6650=        LOGICAL PARTI(BX,BY)
6660=        DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),MODIF(BX,BY),CORR(BZ),THP(BX)
6670=      +          ,NXGO(00001:00015,-0003:00010),LMGO(00000:00015)
6680=*INCL 1 * COMTR
6690=        C=1
6700=        T=TEMB
6710=    10  HARR=DISPARR(C)
6720=        IF (HARR.GT.T) THEN
6730=             T=HARR
6740=             IF (T.GE.TLIM) GOTO 20
6750=           ENDIF
6760=        CALL NEXDEP(T,T,NXGO,LMGO,GWAG,HORAIR,PARTI
6770=      +            ,00000,00015,-3,00010,BX,BY)
6780=        PTR=TAGARR(C)
6790=        CALL HUMP(C,T,TI,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,T,MODIF,BX,BY,BZ)
6800=        MXT=MXT+1
6810=        THP(MXT)=C
6820=        HMPARR(C)=T
6830=        IF (TI.LT.TLIM) THEN
6840=             T=TI
6850=             C=C+1
6860=             GOTO 10
6870=           ENDIF
6880=    20  CALL COMPLET(HEND,HORAIR,GWAG,TI,CORR,PARTI,T,MODIF,BX,BY,BZ)
6890=        RETURN
6900=        END
6910=*=======================================================================
6920=        SUBROUTINE FILTRE(HACT,TEM,NXGO,LMGO,GWAG,HORAIR,PARTI,CORR,LISTE
6930=      +                  ,MAX,BL,BU1,BT1,BY,BU2,BT2,BX,BZ)
6940=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
6950=        LOGICAL PARTI(BX,BY)
6960=        DIMENSION NXGO(BT2,BU1:BU2),LMGO(BT1:BT2),LISTE(BL)
6970=      +          ,GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),CORR(BZ)
6980=*INCL 1 * COMTR
6990=        CALL NEXDEP(HACT,TEM,NXGO,LMGO,GWAG,HORAIR,PARTI
7000=      +            ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY)
7010=        CALL INVENT(MAX,LISTE,BL,TEM)
7020=        IF (MAX.GT.1) THEN
7030=             CALL SELECT(LISTE,MAX,NXGO,LMGO,GWAG,CORR
7040=      +                  ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY,BZ)
7050=           ENDIF
7060=        RETURN
7070=        END
7080=*=======================================================================
7090=        SUBROUTINE FIND(T,I,TAG,B1,B2)
7100=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
```

```
7110=       DIMENSION TAG(B1:B2)
7120=       I=B1
7130=    90 IF (T.NE.TAG(I)) THEN
7140=             I=MOD(I+1,B2)
7150=             GOTO 90
7160=          ENDIF
7170=       RETURN
7180=       END
7190=*-------------------------------------------------------------------------------
7200=       SUBROUTINE HORDEP(HORAIR,BX,BY)
7210=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
7220=       DIMENSION HORAIR(BX,BY)
7230=*INCL  1 # COMTR
7240=       CALHEU(W,D,H)=194400+(16800*W)+(6-D)*2400+H
7250=       CALL DAYHOUR(TEMB+300,WEEK,DAY,HEUR)
7260=       J=1
7270=    10 K=1
7280=       JOUR=DAY
7290=       SEM=WEEK
7300=       JDEP=HORJOUR(J)
7310=       HDEP=HORHEUR(J)
7320=       X=((HDEP/100)*100)+(MOD(HDEP,100)/60.0)*100
7330=       HDEP=NINT(X)
7340=       IF((MOD(JDEP/10**JOUR,10).EQ.1) .AND. (HDEP.GE.HEUR)) THEN
7350=             HORAIR(J,K)=CALHEU(SEM,JOUR,HDEP)
7360=             K=K+1
7370=          ENDIF
7380=    20 JOUR=JOUR-1
7390=       IF (JOUR.LT.0) THEN
7400=             JOUR=6
7410=             SEM=SEM+1
7420=          ENDIF
7430=       IF (MOD(JDEP/10**JOUR,10).EQ.1) THEN
7440=             HORAIR(J,K)=CALHEU(SEM,JOUR,HDEP)
7450=             K=K+1
7460=          ENDIF
7470=       IF (K.LE.BY) GOTO 20
7480=       J=J+1
7490=       IF (J.LE.BX) GOTO 10
7560=       RETURN
7570=       END
7580=*-------------------------------------------------------------------------------
7590=       SUBROUTINE HUMP(TG,DEB,FIN,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,HACT,MODIF
7600=      +                ,BX,BY,BZ)
7610=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
7620=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
7630=       DIMENSION WAGON(00037,00004),PWAG(00037,00004),PNEX(01111)
7640=      +         ,GWAG(BX,BY),MODIF(BX,BY),CORR(BZ),HORAIR(BX,BY)
7650=*INCL  1 # COMTR
7660=       TOT=HACT+300
7670=       FIN=DEB+THUMP(NBARR(TG))
7680=       CALL PUTVAL(WAGON,1,BX,1,BY,0)
7690=       CALL PUTVAL(PWAG,1,BX,1,BY,0)
7700=       CALL PUTVAL(PNEX,1,MAXALST,1,1,0)
7710=       PTR=TAGARR(TG)
7720=    40 TNO=CORR(PTR)
7730=       CALL IDENT(TNO,KNO)
7740=       IF ((TNO*KNO).NE.0) THEN
7750=             HD=HACT
7760=             KNO=1
7770=    60       CALL NEXTRIN(HD,TNO,KNO,GWAG,HBEST,HORAIR,BX,BY)
7780=             CALL SUIVANT(HD,ALISTAG(PTR),TNO,KNO,HBEST,GWAG,HORAIR,PARTI
7790=      +                   ,BX,BY,BZ)
7800=             IF (PARTI(TNO,KNO)) THEN
7810=                   HD=HORAIR(TNO,KNO)+1
7820=                   GOTO 60
7830=                ENDIF
7840=             WAGON(TNO,KNO)=WAGON(TNO,KNO)+AWAGTAG(PTR)
7850=             CALL ENCHAIN(PTR,TNO,KNO,PWAG,PNEX,BX,BY,BZ)
7860=          ENDIF
```

```
7870=       PTR=ANEXTAG(PTR)
7880=       IF (PTR.GT.0) GOTO 40
7890=       CALL IMPACT(TOT,FIN,WAGON,PWAG,PNEX,GWAG,HORAIR,CORR,PARTI,MODIF
7900=      +                ,BX,BY,BZ)
7910=       HD=FIN+400
7920=       DO 90 TNO=1,BX
7930=          DO 80 KNO=1,BY
7940=             IF (HORAIR(TNO,KNO).GE.HD) GOTO 90
7950=             IF (PARTI(TNO,KNO)) GOTO 80
7970=             IF (GWAG(TNO,KNO).LT.LMIN) THEN
7980=                   HORAIR(TNO,KNO)=HD
7990=                ELSEIF (STRA) THEN
8000=                   HORAIR(TNO,KNO)=HD
8010=                ELSE
8020=                   HORAIR(TNO,KNO)=MAX(TOT,MODIF(TNO,KNO))
8030=                   PARTI(TNO,KNO)=.TRUE.
8040=             ENDIF
8050=    80    CONTINUE
8060=    90  CONTINUE
8070=       RETURN
8080=       END
8090=*=======================================================================
8100=       SUBROUTINE IDENT(TNO,KNO)
8110=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
8120=       KNO=MOD(TNO,10)
8130=       TNO=TNO/10
8140=       RETURN
8150=       END
8160=*=======================================================================
8170=       SUBROUTINE IMPACT(TOT,HPFIN,WAGON,PWAG,PNEX,GWAG
8180=      +                ,HORAIR,CORR,PARTI,MODIF,BX,BY,BZ)
8190=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
8200=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
8210=       DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),MODIF(BX,BY),CORR(BZ)
8220=      +          ,WAGON(BX,BY),PWAG(BX,BY),PNEX(BZ),NWDEP(01111)
8230=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
8240=*INCL  1 * COMTR
8250=       CLE(1)=2
8260=    10 NBTIN=0
8270=       DO 30 TNO=1,BX
8280=          DO 20 KNO=1,BY
8290=             IF (WAGON(TNO,KNO).NE.0) THEN
8300=                   NBTIN=NBTIN+1
8310=                   MATTRI(NBTIN,1)=TNO*10+KNO
8320=                   MATTRI(NBTIN,2)=HORAIR(TNO,KNO)
8330=                ENDIF
8340=    20    CONTINUE
8350=    30 CONTINUE
8360=       CALL TRIGS(NBTIN)
8370=       HINF=HPFIN+400
8380=       HSUP=HPFIN+500
8390=       NOTIN=1
8400=    40 TNO=MATTRI(NOTIN,1)
8410=       CALL IDENT(TNO,KNO)
8420=       NBW=WAGON(TNO,KNO)
8430=       HDEP=HORAIR(TNO,KNO)
8440=       DGW=GWAG(TNO,KNO)
8450=       FGW=DGW+NBW
8460=       IF (FGW.GT.LMAX) THEN
8470=             CALL REVISE(TNO,KNO,WAGON,PWAG,PNEX,GWAG,HORAIR,PARTI
8480=      +                ,CORR,BX,BY,BZ)
8490=             GOTO 10
8500=          ENDIF
8510=       IF (DGW.LT.LMIN) THEN
8520=             IF (FGW.LT.LMIN) THEN
8530=                   IF (HDEP.LT.HSUP) HORAIR(TNO,KNO)=HSUP
8540=                ELSE
8550=                   IF ((HDEP.LT.HINF) .OR. (FGW.GE.LMOY))
8560=      +                HORAIR(TNO,KNO)=HINF
8570=                ENDIF
```

```
8580=           ELSEIF (STRA) THEN
8590=              IF (MODIF(TNO,KNO).LT.TOT) MODIF(TNO,KNO)=TOT
8600=              TDLAI=(HINF-MODIF(TNO,KNO))*DGW
8610=              PTR=PWAG(TNO,KNO)
8620=              WDLAI=0
8630=              CALL CALDLAI(PTR,TNO,KNO,HINF,PNEX,NWDEP,HORAIR,GWAG
8640=       +                  ,WDLAI,PARTI,BX,BY,BZ)
8650=              IF (WDLAI.GE.TDLAI) THEN
8660=                    IF ((HDEP.LT.HINF) .OR.(FGW.GE.LMOY))
8670=       +                HORAIR(TNO,KNO)=HINF
8680=                 ELSE
8690=                    WAGON(TNO,KNO)=0
8700=                    HORAIR(TNO,KNO)=MODIF(TNO,KNO)
8710=                    PARTI(TNO,KNO)=.TRUE.
8720=                    PTR=PWAG(TNO,KNO)
8730=                    PWAG(TNO,KNO)=0
8740=    50              TNO=NWDEP(PTR)
8750=                    CORR(PTR)=TNO
8760=                    CALL IDENT(TNO,KNO)
8770=                    WAGON(TNO,KNO)=WAGON(TNO,KNO)+AWAGTAG(PTR)
8780=                    TG=PNEX(PTR)
8790=                    PNEX(PTR)=0
8800=                    CALL ENCHAIN(PTR,TNO,KNO,PWAG,PNEX,BX,BY,BZ)
8810=                    PTR=TG
8820=                    IF (PTR.GT.0) GOTO 50
8830=                    GOTO 10
8840=                 ENDIF
8850=           ELSEIF (HDEP.LT.HSUP) THEN
8860=              WAGON(TNO,KNO)=0
8870=              PARTI(TNO,KNO)=.TRUE.
8890=              HORAIR(TNO,KNO)=MAX(TOT,MODIF(TNO,KNO))
8900=              PTR=PWAG(TNO,KNO)
8910=              WDLAI=-1
8920=              CALL CALDLAI(PTR,TNO,KNO,HINF,PNEX,NWDEP,HORAIR,GWAG
8930=       +                  ,WDLAI,PARTI,BX,BY,BZ)
8940=              PTR=PWAG(TNO,KNO)
8950=              PWAG(TNO,KNO)=0
8960=    55        TNO=NWDEP(PTR)
8970=              CORR(PTR)=TNO
8980=              CALL IDENT(TNO,KNO)
8990=              WAGON(TNO,KNO)=WAGON(TNO,KNO)+AWAGTAG(PTR)
9000=              TG=PNEX(PTR)
9010=              PNEX(PTR)=0
9020=              CALL ENCHAIN(PTR,TNO,KNO,PWAG,PNEX,BX,BY,BZ)
9030=              PTR=TG
9040=              IF (PTR.GT.0) GOTO 55
9050=              GOTO 10
9060=           ENDIF
9070=        GWAG(TNO,KNO)=FGW
9080=        IF (MODIF(TNO,KNO).LT.HINF) MODIF(TNO,KNO)=HINF
9090=        IF (FGW.GE.LMOY) PARTI(TNO,KNO)=.TRUE.
9100=        PTR=PWAG(TNO,KNO)
9110=    60  CORR(PTR)=TNO*10+KNO
9120=        PTR=PNEX(PTR)
9130=        IF (PTR.GT.0) GOTO 60
9140=        WAGON(TNO,KNO)=0
9150=        NOTIN=NOTIN+1
9160=        IF (NOTIN.LE.NBTIN) GOTO 40
9170=        RETURN
9180=        END
9190=*=======================================================================
9200=        SUBROUTINE INVENT(MAX,LISTE,DIM,TD)
9210=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
9220=        DIMENSION LISTE(DIM)
9230=*INCL 1 * COMTR
9240=        I=1
9250=        MAX=0
9260=    10  HARR=DISPARR(I)
9270=        IF (HARR.LE.TD) THEN
9280=              IF (HMPARR(I).EQ.0) THEN
```

```
9290=                    MAX=MAX+1
9300=                    IF (MAX.GT.DIM) GOTO 90
9310=                    LISTE(MAX)=I
9320=                 ENDIF
9330=              I=I+1
9340=              IF (I.LE.MAXARR) GOTO 10
9350=           ELSEIF (MAX.EQ.0) THEN
9360=              TD=HARR
9370=   20         MAX=MAX+1
9380=              IF (MAX.GT.DIM) GOTO 90
9390=              LISTE(MAX)=I
9400=              I=I+1
9410=              IF (I.LE.MAXARR) THEN
9420=                    IF (DISPARR(I).EQ.TD) GOTO 20
9430=                 ENDIF
9440=           ENDIF
9450=        IF ((MAX.EQ.0).AND.(I.GT.MAXARR)) GOTO 95
9480=        RETURN
9490=    90  WRITE(4,'('' PAS ASSEZ D''''ESPACE DANS LISTE IN INVENT DIM=''
9500=       +        ,I3,'' MAX='',I3)') DIM,MAX
9510=        STOP
9520=    95  WRITE(4,'('' IN INVENT TOUS LES TRAINS ETAIENT DEJA HUMPES'')')
9530=        STOP
9540=        END
9550=*=================================================================================
9560=        SUBROUTINE INYARD(TNO,INT,INW,INL,TG,NBRE,BT1,BR,BY)
9570=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
9580=        DIMENSION INT(BT1:BR,BY),INW(BT1:BR,BY),INL(BT1:BR)
9590=        ET=1
9600=    10  IF(INT(TG,ET).EQ.0) THEN
9610=              INT(TG,ET)=TNO
9620=           ELSEIF(INT(TG,ET).NE.TNO) THEN
9630=              ET=ET+1
9640=              IF (ET.LE.BY) GOTO 10
9650=              STOP
9660=           ENDIF
9670=        INW(TG,ET)=INW(TG,ET)+NBRE
9680=        INL(TG)=MAX(INL(TG),ET)
9690=        RETURN
9700=        END
9710=*=================================================================================
9720=        SUBROUTINE LECTURE(HORAIR,BX,BY)
9730=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
9740=        DIMENSION HORAIR(BX,BY)
9750=*INCL 1 * COMTR
9760=        READ(2,1000) TEMA,TEMB,DURE,TDEP
9770=        READ(2,1100) EPS,PORTION
9780=        CALL HORDEP(HORAIR,BX,BY)
9790=        READ(2,300) MLON,FENG,FENP
9800=        READ(2,400) PROF,ESSAI,HORD
9810=        READ(2,500) HPTIM
9820=        IF ((PROF.LT.001).OR.(PROF.GT.006)) WRITE(4,700) PROF
9830=        IF (ESSAI) DURE=PROF*THUMP(MLON)
9840=        WRITE(4,'('' DURE='',I6)') DURE
9850=        READ(2,800) TRIV,STW,STRA
9860=        READ(2,'(5X,I5,2(6X,I5))') LMIN,LMOY,LMAX
9870=        READ(2,900) POURCEN
9880=        READ(2,1200) OUV
9890=   300  FORMAT(7X,I3,6X,I4,6X,I4)
9900=   400  FORMAT(5X,I2,7X,L7,6X,L7)
9910=   500  FORMAT(23X,L7)
9920=   700  FORMAT(' ERREUR DANS LA LECTURE DE DONHEU: PROF=',I3)
9930=   800  FORMAT(5X,L7,9X,L7,9X,L7)
9940=   900  FORMAT(8X,F4.2)
9950=  1000  FORMAT(7X,I6,6X,I6,7X,I4,6X,I4)
9960=  1100  FORMAT(4X,I6,9X,F4.2)
9970=  1200  FORMAT(31X,L7)
9980=        RETURN
9990=        END
10000=*=================================================================================
```

```
10010=       SUBROUTINE LIDONCN(GWAG, HORAIR, CORR, MODIF, PARTI, BX, BY, BZ)
10020=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
10030=       CHARACTER*4 NA, NB
10040=       LOGICAL PARTI(BX, BY), INCLASS, BOOL1, BOOL2
10050=       DIMENSION NBRE(00000:00108), LONG(00000:00108)
10060=      +          , GWAG(BX, BY), HORAIR(BX, BY)
10070=      +          , CORR(BZ), MODIF(BX, BY), WAGON(00037, 00004)
10080=*INCL 1 * COMTR
10090=       DATA ((CDEP(I, J), I=0, 00108), J=1, 00004)/00436*0/
10100=       DATA ((CNBWAG(I, J), I=0, 00108), J=1, 00004)/00436*0/
10110=       DATA ((CLONWAG(I, J), I=0, 00108), J=1, 00004)/00436*0/
10120=       DATA (NOARR(I), I=1, 00090)/00090*'      '/
10130=       DATA (HEUARR(I), I=1, 00090)/00090*0/
10140=       DATA (DISPARR(I), I=1, 00090)/00090*0/
10150=       DATA (TAGARR(I), I=1, 00090)/00090*0/
10160=       DATA (NBARR(I), I=1, 00090)/00090*0/
10170=       DATA (HMPARR(I), I=1, 00090)/00090*0/
10180=       DATA (ALISTAG(I), I=1, 01111)/01111*-1/
10190=       DATA (ATRIN(I), I=1, 01111)/01111*0/
10200=       DATA (AWAGTAG(I), I=1, 01111)/01111*0/
10210=       DATA (ALONTAG(I), I=1, 01111)/01111*0/
10220=       DATA (ANEXTAG(I), I=1, 01111)/01111*0/
10230=       DATA (NBRE(I), I=0, 00108)/00109*0/
10240=       DATA (LONG(I), I=0, 00108)/00109*0/
10250=       DATA ((WAGON(I, J), I=1, 00037), J=1, 00004)/00148*0/
10260=       DATA SEJOUR, CONTE, SUPP, TROP, SEJ, CTE, NBCLASS/7*0/J, ND, TOTNB/3*1/
10270=      +     BOOL1, BOOL2/2*.TRUE./
10280=       CALL PUTVAL(GWAG, 1, BX, 1, BY, 0)
10290=       HTOT=TEMB+0400
10300=       HEND=TEMB+2400+FENP
10310=       CALL PUTVAL(CORR, 1, BZ, 1, 1, 0)
10320=       T2=TEMB+FENG
10330=       READ(1, 100, END=1000) HA, NA, TA, LG, HDA
10340=       CALL FIND (TA, K, TAG, 0, 00109)
10350=       NBRE(K)=1
10360=       LONG(K)=LG
10370=       HDISP=HA+1
10380=    10 INCLASS=(HDISP.LE.TEMA)
10390=       IF (TAGTRIN(K).GT.0) THEN
10400=             SEJ=SEJ+HDA-HA
10410=             IF (INCLASS) TROP=TROP+TEMB-HA
10420=             CTE=CTE+1
10430=          ENDIF
10440=       READ(1, 100, END=70) HB, NB, TB, LG, HDB
10450=       CALL FIND(TB, K, TAG, 0, 00109)
10460=       IF((HA.NE.HB).OR.(NA.NE.NB)) THEN
10470=C WAGONS SUR LES VOIES DE CLASSIFFICATION
10480=          IF(INCLASS) THEN
10490=             SEJOUR=SEJOUR+SEJ-TROP
10500=             SUPP=SUPP+TROP
10510=             TROP=0
10520=             CONTE=CONTE+CTE
10530=             HPT=HDISP+THUMP(TOTNB)
10540=             DO 30 I=0, 00108
10550=             NOMBRE=NBRE(I)
10560=             IF(NOMBRE.NE.0) THEN
10570=                NBCLASS=NBCLASS+NOMBRE
10580=                CALL DEPART(I, WAGON, HPT, TNO, KNO, NOMBRE, HORAIR, BX, BY)
10590=                IF ((TNO*KNO).NE.0)
10600=      +               GWAG(TNO, KNO)=GWAG(TNO, KNO)+NOMBRE
10610=             TAMPON=TNO*10+KNO
10620=             L=1
10630=    20       CDEPIL=CDEP(I, L)
10640=             IF ((CDEPIL.EQ.0).OR.(CDEPIL.EQ.TAMPON)) THEN
10650=                CDEP(I, L)=TAMPON
10660=                CNBWAG(I, L)=CNBWAG(I, L)+NOMBRE
10670=                NBRE(I)=0
10680=                CLONWAG(I, L)=CLONWAG(I, L)+LONG(I)
10690=                LONG(I)=0
10700=              ELSE
```

```
10710=                          L=L+1
10720=                          IF (L.LE.BY) GOTO 20
10730=                          WRITE(4,''(''' PROBLEME IN LIDONCN''')')
10740=                          STOP
10750=                        ENDIF
10760=                      ENDIF
10770=   30               CONTINUE
10780=C WAGONS SUR LES VOIES D'ARRIVEE
10790=                   ELSEIF (HDISP.LE.T2) THEN
10800=                    IF (BOOL1) THEN
10810=                      BOOL1=.FALSE.
10820=                      ONTRIAG=CONTE
10830=                      SJTRI=SEJOUR
10840=                    ENDIF
10850=                   IF (TOTNB.GT.MLON) THEN
10860=                     NOARR(J)=NA
10870=                     HEUARR(J)=HA
10880=                     DISPARR(J)=HDISP
10890=                     TAGARR(J)=NO
10900=                     NBARR(J)=TOTNB
10910=                     IF (HDISP.LE.HEND) THEN
10920=                        SEJOUR=SEJOUR+SEJ
10930=                       ELSEIF (BOOL2) THEN
10940=                        BOOL2=.FALSE.
10950=                        ONARR=CONTE-ONTRIAG
10960=                        TRAITES=CONTE
10970=                        NBTIN=J-1
10980=                      ENDIF
10990=                     CONTE=CONTE+CTE
11000=                     HPT=HDISP+THUMP(TOTNB)
11010=                     DO 50 I=0,00108
11020=                      NOMBRE=NBRE(I)
11030=                      IF(NOMBRE.NE.0) THEN
11040=                        CALL DEPART(I,WAGON,HPT,TNO,KNO,NOMBRE,HORAIR,BX,BY)
11050=   40                   CORR(NO)=TNO*10+KNO
11060=                        ATRIN(NO)=J
11070=                        ALISTAG(NO)=I
11080=                        IF (NOMBRE.GT.00015) THEN
11090=                           AWAGTAG(NO)=00015
11100=                           TOTO=LONG(I)
11110=                           ALONTAG(NO)=TOTO*00015/NOMBRE
11120=                           LONG(I)=TOTO-ALONTAG(NO)
11130=                           NOMBRE=NOMBRE-00015
11140=                           TOTO=NO+1
11150=                           ANEXTAG(NO)=TOTO
11160=                           NO=TOTO
11170=                           IF (NO.GT.BZ) GOTO 2000
11180=                           GOTO 40
11190=                         ENDIF
11200=                        AWAGTAG(NO)=NOMBRE
11210=                        NBRE(I)=0
11220=                        ALONTAG(NO)=LONG(I)
11230=                        LONG(I)=0
11240=                        TOTO=NO+1
11250=                        ANEXTAG(NO)=TOTO
11260=                        NO=TOTO
11270=                        IF (NO.GT.BZ) GOTO 2000
11280=                      ENDIF
11290=   50                 CONTINUE
11300=                     ANEXTAG(NO-1)=-1
11310=                     J=J+1
11320=                     IF (J.GT.00090) GOTO 3000
11330=                   ELSE
11340=                    DO 60 I=0,00108
11350=                      IF(NBRE(I).NE.0) THEN
11360=                         NBRE(I)=0
11370=                         LONG(I)=0
11380=                       ENDIF
11390=   60                CONTINUE
11400=                   ENDIF
```

```
11410=            ELSE
11420=              GOTO 70
11430=            ENDIF
11440=          HA=HB
11450=          NA=NB
11460=          HDA=HDB
11470=          HDISP=HA+1
11480=          NBRE(K)=1
11490=          TOTNB=1
11500=          LONG(K)=LG
11510=          SEJ=0
11520=          CTE=0
11530=        ELSE
11540=          HDA=HDB
11550=          NBRE(K)=NBRE(K)+1
11560=          TOTNB=TOTNB+1
11570=          HDISP=HA+(TOTNB*5/3)
11580=          LONG(K)=LONG(K)+LG
11590=        ENDIF
11600=      GOTO 10
11610=    7) MAXARR=J-1
11620=      MAXALST=NO-1
11630=      CALL VALIDE(WAGON,BX,BY)
11640=      CALL ORDONNE
11650=      NBGO=0
11670=      WRITE(4,300)
11680=      DO 90 I=1,BX
11690=        DO 80 J=1,BY
11700=          NBG=QWAG(I,J)
11710=          IF (NBG.GE.LMOY) THEN
11720=                PARTI(I,J)=.TRUE.
11730=                IF (HORAIR(I,J).LE.HTOT) NBGO=NBGO+NBG
11740=              ENDIF
11750=          MODIF(I,J)=HTOT
11760=    80    CONTINUE
11770=        WRITE(4,400) TRIN(I),(HORAIR(I,K),K=1,BY)
11800=    90  CONTINUE
11810=      IF (BOOL2) THEN
11820=            ONARR=CONTE-ONTRIAG
11830=            TRAITES=CONTE
11840=            NBTIN=MAXARR
11850=          ENDIF
11860=      WRITE(4,'(''1'',///'' INFORMATIONS SUR LES WAGONS TRAITES'')')
11870=      WRITE(4,'('' ____________________________________________'')')
11880=      WRITE(4,'('' *WAGONS DEJA HUMPES : '',I5)') NBCLASS
11890=      WRITE(4,'(6X,''SUR FAISCEAU DE DEPART  '',I5)')NBGO
11900=      WRITE(4,'(6X,''SUR FAISCEAU DE TRIAGE  '',I5)') ONTRIAG-NBGO
11910=      WRITE(4,'(6X,''POUR UN TOTAL VALIDE    '',I5)') ONTRIAG
11920=      WRITE(4,'('' *WAGONS ARRIVANT EN GARE'')')
11930=      WRITE(4,'(6X,''TOTAL VALIDE ENTRE'',I7,'' ET'',I7,''.'',I5
11940=     +          ,'' SUR'',I3,'' TRAINS'')') TEMA,HEND,ONARR,NBTIN
11950=      ISEJ=SEJOUR-SJTRI
11960=      WRITE(4,'('' ****************************''
11970=     +,'' POUR UN SEJOUR DE '',I9,'' AVEC UNE MOYENNE DE'',I5)')
11980=     +          ISEJ,ISEJ/ONARR
11990=      SEJOUR=SEJOUR+SUPP
12000=      WRITE(4,'('' POUR LES'',I5,'' WAGONS VALIDES: SEJOUR TOTAL='',I
12010=     +9,'' POUR UNE MOYENNE DE'',I5//)')TRAITES,SEJOUR,SEJOUR/TRAITES
12020=      RETURN
12030= 1000 WRITE(4,1100)
12040= 2000 WRITE(4,2100)
12050=      STOP
12060= 3000 WRITE(4,3100)
12070=      STOP
12080=  100 FORMAT(6X,I6,A4,I3,3X,I3,4X,I6)
12090=  200 FORMAT(I6,A4,I3,I3,I5,I3,I3)
12110=  300 FORMAT('1',///' HORAIRE INTIAL DES TRAINS EN PARTANCE'
12120=     +  ,///' LISTE DES QUATRES PROCHAINS DEPARTS PREVUS POUR CHAQUE TRAI
12130=     +N'/)
12140=  400 FORMAT(' TRAIN ',A4,' HEURE ',00004(I6,3X))
```

```
12150=   500 FORMAT(10X,'WAGONS ',00004(L1,2X,I3,3X))
12160=  1100 FORMAT(' AUCUN ENREGISTREMENT DE DONNEE N''A ETE LU DANS
12170=     +          LIDONCN')
12180=  2100 FORMAT(' PAS ASSEZ D''ESPACE POUR ALISTAG IN LIDONCN ')
12190=  3100 FORMAT(' PAS ASSEZ D''ESPACE POUR NOARR IN LIDONCN ')
12200=       END
12210=*=====================================================================
12220=       SUBROUTINE LIRHOR
12230=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
12240=*INCL  1 * COMTR
12250=       READ(3,50) NTAG
12260=       DO 10 I=0,NTAG
12270=       READ(3,100) TAG(I),TAGTAG(I),TAGTRIN(I)
12280=    10 CONTINUE
12290=       READ(3,150) NTRIN
12300=       READ(3,200) TRIN(0),TRINTAG(0),TRINDES(0)
12310=       DO 30 I=1,NTRIN
12320=       READ(3,300) TRIN(I),TRINTAG(I),TRINDES(I)
12330=      +       ,HORHEUR(I),HORJOUR(I),HORLMAX(I),HORSUIV(I)
12340=    30 CONTINUE
12350=       IF ((NTRIN.NE.00037).OR.(NTAG.NE.00108)) THEN
12360=             WRITE(4,400) NTRIN,NTAG
12370=             STOP
12380=          ENDIF
12390=       RETURN
12400=    50 FORMAT(18X,I3)
12410=   100 FORMAT (9X,I3,8X,I3,9X,I4)
12420=   150 FORMAT(20X,I2)
12430=   200 FORMAT(/3X,2X,A4,2X,I3,2X,I4)
12440=   300 FORMAT(3X,2X,A4,2X,I3,2X,I4,4X,I4,2X,I7,2X,I4,2X,I4)
12450=   400 FORMAT(' ERREUR IN LIRHOR: NTRIN=',I4,' NTAG=',I4)
12460=       END
12470=*=====================================================================
12480=       SUBROUTINE MODHOR(HORAIR1,HORAIR2,TDIFF,BX,BY)
12490=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
12500=       DIMENSION HORAIR1(BX,BY),HORAIR2(BX,BY)
12510=*INCL  1 * COMTR
12520=       TDIFF=0
12530=       DO 90 TNO=1,BX
12540=           DO 70 KNO=1,BY
12550=           DIFF=HORAIR2(TNO,KNO)-HORAIR1(TNO,KNO)
12560=           IF (DIFF.NE.0) THEN
12570=                 HORAIR2(TNO,KNO)=HORAIR1(TNO,KNO)+NINT(DIFF*PORTION)
12580=                 TDIFF=TDIFF+IABS(DIFF)
12590=              ENDIF
12600=    70     CONTINUE
12610=    90  CONTINUE
12620=       WRITE(4,'('' MODIFICATION A L''''HORAIRE:  TDIFF='',I6)') TDIFF
12630=       RETURN
12640=       END
12650=*=====================================================================
12660=       SUBROUTINE NEXDEP(HACT,TEM,NXGO,LMGO,GWAG,HORAIR,PARTI
12670=      +                          ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY)
12680=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
12690=       DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY)
12700=      +         ,NXGO(BT2,BU1:BU2),LMGO(BT1:BT2)
12710=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
12720=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
12730=*INCL  1 * COMTR
12740=       HDEC=HACT
12750=       CALL PUTVAL(NXGO,00001,BT2,BU1,BU2,-1)
12760=       CALL PUTVAL(LMGO,BT1,BT2,00001,00001,0)
12770=       INFINI=10000000
12780=       CLE(1)=2
12790=       NBTIN=0
12800=       DO 20 NO=1,BX
12810=         IF (TRINOK(NO)) GOTO 20
12820=         K=1
12830=         NBTIN=NBTIN+1
12840=    10   HDEP=HORAIR(NO,K)
```

```
12850=          IF(.NOT.PARTI(NO,K)) THEN
12860=                MATTRI(NBTIN,1)=NO*10+K
12870=                MATTRI(NBTIN,2)=HDEP
12880=             ELSE
12890=                K=K+1
12900=                IF (K.LT.BY) GOTO 10
12910=                MATTRI(NBTIN,2)=HORAIR(NO,K)
12920=                MATTRI(NBTIN,1)=NO*10+K
12930=             ENDIF
12940=    20 CONTINUE
12950=       CALL TRIGS(NBTIN)
12960=       NO=1
12970=       LAST=INFINI
12980=       HDEC=TEM+500
12990=    30 IF ((MATTRI(NO,2).GE.HDEC).AND.(LAST.EQ.INFINI))
13000=      +     LAST=MATTRI(NO,2)+TDEP
13010=       NXGO(NO,0)=MATTRI(NO,1)
13020=       NO=NO+1
13030=       IF ((MATTRI(NO,2).LE.LAST).AND.(NO.LE.BT2)) GOTO 30
13040=       NO=NO-1
13050=       LMGO(0)=NO
13060=       IF (NO.EQ.BT2) STOP
13160=       DO 60 J=1,NO
13170=         TNO=NXGO(J,0)
13180=         CALL IDENT(TNO,KNO)
13190=         ETIQ=TRINTAG(TNO)
13200=         I=1
13210=    50   IF (I.GT.BU2) GOTO 80
13220=         NXGO(J,I)=ETIQ
13230=         I=I+1
13240=         ETIQ=TAGTAG(ETIQ)
13250=         IF (ETIQ.NE.00109)  GOTO 50
13260=         LMGO(J)=I-1
13270=         NXGO(J,-1)=HORAIR(TNO,KNO)-HACT
13280=         NXGO(J,-2)=LMOY-GWAG(TNO,KNO)
13290=    60 CONTINUE
13330=       RETURN
13340=    80 WRITE(*,800) ETIQ,NXGO(J,0)
13350=   800 FORMAT(' ERREUR I EST PLUS GRAND QUE 00010 IN NEXDEP
13360=      + TAG=',I3,'    TRIN ',I4)
13370=       STOP
13380=       END
13390=*=======================================================================
13400=       SUBROUTINE NEXTRIN(HDEC,NO,K,GWAG,HDEP,HORAIR,BX,BY)
13410=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
13420=       DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY)
13430=*INCL 1 * COMTR
13440=       INFINI=HDEC+10000
13450=    10 DHEUR=HORAIR(NO,K)
13460=       GUANTI=GWAG(NO,K)
13470=       IF (((DHEUR.LT.HDEC).AND.(GUANTI.GE.LMIN)).OR.
13480=      +    (GUANTI.GE.LMOY)) THEN
13490=               K=K+1
13500=               IF (K.LT.BY) GOTO 10
13510=               HDEP=HORAIR(NO,K)
13520=          ELSE
13530=               HDEP=DHEUR
13540=          ENDIF
13550=       RETURN
13560=       END
13570=*=======================================================================
13580=       SUBROUTINE ORDONNE
13590=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
13600=       CHARACTER*4 TNOA(00090)
13610=       DIMENSION POSI(00090)
13620=      -         ,THEU(00090),TDIS(00090),TTAG(00090),TNBA(00090)
13630=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
13640=*INCL 1 * COMTR
13650=       DO 10 I=1,MAXARR
13660=         MATTRI(I,1)=I
```

```
13670=          P1=DISPARR(I)
13680=          MATTRI(I,2)=P1
13690=          THEU(I)=HEUARR(I)
13700=          TDIS(I)=P1
13710=          TTAG(I)=TAGARR(I)
13720=          TNBA(I)=NBARR(I)
13730=          TNOA(I)=NOARR(I)
13740=       10 CONTINUE
13750=          CLE(1)=2
13760=          CALL TRIQS(MAXARR)
13770=          CALL PUTAINB(MATTRI,POSI,1,MAXARR,1,1)
13780=          DO 20 P1=1,MAXARR
13790=            P2=POSI(P1)
13800=            IF (P1.EQ.P2) GOTO 20
13810=            T1=TTAG(P2)
13820=            NOARR(P1)=TNOA(P2)
13830=            HEUARR(P1)=THEU(P2)
13840=            DISPARR(P1)=TDIS(P2)
13850=            TAGARR(P1)=T1
13860=            NBARR(P1)=TNBA(P2)
13870=            IF (P2.LT.MAXARR) THEN
13880=                T2=TTAG(P2+1)-T1
13890=               ELSE
13900=                T2=MAXALST-T1+1
13910=               ENDIF
13920=            CALL PUTVAL(ATRIN(T1),1,T2,1,1,P1)
13930=       20 CONTINUE
13940=          RETURN
13950=          END
13960=*=========================================================================
13970=          LOGICAL FUNCTION PASLA(TOTAL,LIT,BU2,MAX)
13980=          IMPLICIT INTEGER (A-W)
13990=          DIMENSION LIT(BU2)
14000=          PASLA=.TRUE.
14010=          IF (MAX.GT.0) THEN
14020=                I=1
14030=       10       IF (TOTAL.NE.LIT(I)) THEN
14040=                     I=I+1
14050=                     IF (I.LE.MAX) GOTO 10
14060=                ELSE
14070=                   PASLA=.FALSE.
14080=                ENDIF
14090=            ENDIF
14100=          RETURN
14110=          END
14120=*=========================================================================
14130=          SUBROUTINE PRINT1(GCOUT,GMOY,TCOUT,TMOY,LISTIN,PTJOUR
14140=         +                 ,NBIT,NBCAS,XT,HACT,HEND)
14150=          IMPLICIT INTEGER(A-W)
14160=          DIMENSION LISTIN(PTJOUR)
14170=*INCL 1 * COMTR
14180=          WRITE(4,100)TEMB,HACT
14190=          DO 10 I=1,PTJOUR
14200=            TN=LISTIN(I)
14210=            WRITE(4,200) I,NOARR(TN),HEUARR(TN),HMPARR(TN)
14220=       10 CONTINUE
14230=          WRITE(4,300) GCOUT,TCOUT,GMOY,TMOY
14240=          WRITE(4,'(//'' NOMBRE TOTAL D''''ITERATION: '',I4)') NBIT
14250=          WRITE(4,'('' NOMBRE TOTAL DE BRANCHES ETUDIEES: '',I6)') NBCAS
14260=          WRITE(4,'('' TEMPS D''''EXECUTION: '',F8.4)') XT
14270=          CALL RANG(LISTIN,PTJOUR,HEND)
14280=          RETURN
14290=   100 FORMAT('1'///' PERIODE DE TRAVAIL DE',I7,' A',I7
14300=         +       ,//' SEQUENCE DE CLASSIFICATION'/
14310=         +       ,' RANG  TRAIN  ARRIVEE  CLASSIFIER A')
14320=   200 FORMAT(2X,I2,4X,A4,3X,I6,5X,I6)
14330=   300 FORMAT(//20X,'WAGONS',/14X,'EN GARE',3X,'SUR TRAINS'/
14340=         +       ,13X,'ET TRAINS  SEULEMENT'
14350=         +       ,//' COUT TOTAL',3X,I8,3X,I8
14360=         +       ,//' COUT MOYEN',3X,I8,3X,I8)
```

```
14370=       END
14380=*=======================================================================
14390=       SUBROUTINE PRINT2(CORRO,CORR1,HORAIRO,HORAIR1,GWAG,PARTI,HEND
14400=      +                 ,BX,BY,BZ)
14410=       IMPLICIT INTEGER(A-W)
14420=       CHARACTER*4 DTIN
14430=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
14440=       DIMENSION CORRO(BZ),HORAIRO(BX,BY),CORR1(BZ),HORAIR1(BX,BY)
14450=      +          ,INTO(00000:00108,00004),INWO(00000:00108,00004)
14460=      +          ,INT1(00000:00108,00004),INW1(00000:00108,00004)
14470=      +          ,INLO(00000:00108),INL1(00000:00108)
14480=*INCL 1 * COMTR
14490=       DATA TRIN(00038)/'    '/
14500=       CALL PUTVAL(INT1,00000,00108,1,BY,0)
14510=       CALL PUTVAL(INW1,00000,00108,1,BY,0)
14520=       CALL PUTVAL(INL1,00000,00108,1,1,0)
14530=       CALL PUTVAL(INTO,00000,00108,1,BY,0)
14540=       CALL PUTVAL(INWO,00000,00108,1,BY,0)
14550=       CALL PUTVAL(INLO,0000C,00108,1,1,0)
14560=       TOT=TEMB+400
14570=       ENGAR1=0
14580=       ENGARO=0
14590=       GNB=0
14600=       SEJOURO=0
14610=       TNB=0
14620=       SEJOUR1=0
14630=       DO 30 I=1,MAXARR
14640=         IF (DISPARR(I).GT.HEND) GOTO 40
14650=         TOTNB=0
14660=         TSEJO=0
14670=         TSEJ1=0
14680=         DTIN=NOARR(I)
14690=         HARR=HEUARR(I)
14700=         NBRE=NBARR(I)
14710=         GNB=GNB+NBRE
14720=         J=TAGARR(I)
14730=         WRITE(4,1000) DTIN,HARR,DISPARR(I),NBRE
14740=         HDEB=HMPARR(I)
14750=         IF (HDEB.NE.0) THEN
14760=              HFIN=HDEB+THUMP(NBRE)
14770=              WRITE(4,1100) HDEB,HFIN
14780=            ELSE
14790=              WRITE(4,1200)
14800=            ENDIF
14810=         WRITE(4,1300)
14820=    10   NBRE=AWAGTAG(J)
14830=         DPO=CORRO(J)
14840=         IF (DPO.GT.0) THEN
14850=              CALL IDENT(DPO,DKO)
14860=              HDO=HORAIRO(DPO,DKO)
14870=              WSJO=HDO-HARR
14880=              DP1=CORR1(J)
14890=              CALL IDENT(DP1,DK1)
14900=              HD1=HORAIR1(DP1,DK1)
14910=              IF((HMPARR(I).EQ.0).AND.(HD1.LT.HEND)) THEN
14920=                    IF (DK1.EQ.BY) STOP
14930=                    DK1=DK1+1
14940=                    HD1=HORAIR1(DP1,DK1)
14950=                    CALL SUIVANT(HEND,ALISTAG(J),DP1,DK1,HD1,GWAG
14960=      +                 ,HORAIR1,PARTI,BX,BY,BZ)
14970=                ENDIF
14980=              WSJ1=HD1-HARR
14990=              IF((.NOT.(PARTI(DP1,DK1))).AND.(HMPARR(I).GT.0)) THEN
15000=                   ENGAR1=ENGAR1+NBRE
15010=                   CALL INYARD(DP1*10+DK1,INT1,INW1,INL1,ALISTAG(J),NBRE
15020=      +                       ,00000,00108,BY)
15030=                ENDIF
15040=              TOTNB=TOTNB+NBRE
15050=              BSJO=WSJO*NBRE
15060=              TSEJO=TSEJO+BSJO
```

```
15070=              BSJ1=WSJ1*NBRE
15080=              TSEJ1=TSEJ1+BSJ1
15090=              WRITE(4,1400) TAG(ALISTAG(J)),NBRE,ALONTAG(J)
15100=     +                      ,TRIN(DP0),HD0,WSJ0,BSJ0
15110=     +                      ,TRIN(DP1),HD1,WSJ1,BSJ1
15120=            ELSE
15130=              WRITE(4,1400) TAG(ALISTAG(J)),NBRE,ALONTAG(J)
15140=            ENDIF
15150=          IF (J.GE.MAXALST) GOTO 20
15160=          J=J+1
15170=          IF (ATRIN(J).EQ.I) GOTO 10
15180=    20    WRITE(4,1500) TOTNB,TSEJ0,TSEJ1,TSEJ0/TOTNB,TSEJ1/TOTNB
15190=          TNB=TNB+TOTNB
15200=          SEJOUR0=SEJOUR0+TSEJ0
15210=          SEJOUR1=SEJOUR1+TSEJ1
15220=    30   CONTINUE
15230=    40  WRITE(4,1600) GNB,TNB,SEJOUR0,SEJOUR1,SEJOUR0/TNB,SEJOUR1/TNB
15240=        CALL CONXION(CORR0,CORR1,HORAIR1,HEND,BX,BY,BZ)
15250=        WRITE(4,1700)
15260=        DO 80 TG=1,00108
15270=          DO 50 K=1,BY
15280=            TNO=CDEP(TG,K)
15290=            IF (TNO.EQ.0) GOTO 60
15300=            CALL IDENT(TNO,KNO)
15310=            NBRE=CNBWAG(TG,K)
15320=            IF ((TNO*KNO*NBRE).GT.0) THEN
15330=                IF (.NOT.(PARTI(TNO,KNO))) THEN
15340=                    ENGAR1=ENGAR1+NBRE
15350=                    CALL INYARD(TNO*10+KNO,INT1,INW1,INL1,TG,NBRE
15360=     +                         ,00000,00108,BY)
15370=                ENDIF
15380=                IF (HORAIRO(TNO,KNO).NE.TOT) THEN
15390=                    ENGAR0=ENGAR0+NBRE
15400=                    CALL INYARD(TNO*10+KNO,INT0,INW0,INL0,TG,NBRE
15410=     +                         ,00000,00108,BY)
15420=                ENDIF
15430=            ENDIF
15440=    50     CONTINUE
15450=    60    NT=MAX(INL0(TG),INL1(TG))
15460=          IF(NT.EQ.0) GOTO 80
15470=          DO 70 IT=1,NT
15480=            T0=INT0(TG,IT)
15490=            W0=INW0(TG,IT)
15500=            IF (T0.GT.0) THEN
15510=                CALL IDENT(T0,K0)
15530=                H0=HORAIR0(T0,K0)
15540=              ELSE
15550=                T0=00038
15560=                H0=0
15570=              ENDIF
15580=            T1=INT1(TG,IT)
15590=            W1=INW1(TG,IT)
15600=            IF (T1.GT.0) THEN
15610=                CALL IDENT(T1,K1)
15620=                H1=HORAIR1(T1,K1)
15630=              ELSE
15640=                T1=00038
15650=                H1=0
15660=              ENDIF
15670=            WRITE(4,1800) TAG(TG),TRIN(T0),H0,W0,TRIN(T1),H1,W1
15680=    70     CONTINUE
15690=    80    CONTINUE
15700=        WRITE(4,1900) ENGAR0,ENGAR1
15710=        RETURN
15720= 1000 FORMAT('1',///' TRAIN NUMERO: ',A4,'  HEURE D''ARRIVEE : ',I7
15730=     +    ,/21X,'DISPONIBLE A    : ',I7,/21X,'NOMBRE DE WAGONS: ',I7)
15740= 1100 FORMAT(21X,'CLASSIFIER DE   : ',I7,' A',I7)
15750= 1200 FORMAT(21X,'NON CLASSIFIER')
15760= 1300 FORMAT(//' TAG',4X,'WAGONS',7X,'SOLUTION INITIALE',10X
15770=     +,'SOLUTION FINALE',/6X,'NBRE LONG',2X,'TRAIN DEPART'
```

```
15780=     +,5X,'SEJOUR',4X,'TRAIN DEPART',5X,'SEJOUR'
15790=     +,/31X,'UNITE TOTAL',16X,'UNITE TOTAL')
15800= 1400 FORMAT(1X,I3,3X,I3,1X,I4,2X,A4,2X,I6,3X,I4,1X,I5,2X,A4,2X,I6
15810=     +      ,3X,I4,1X,I5)
15820= 1500 FORMAT(///' NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: ',I4,/' SEJOUR DE CES WAGON
15830=     +S: ',10X,I10,16X,I10,/1X,'POUR UNE MOYENNE DE : ',10X,I10,16X,I10)
15840= 1600 FORMAT('1'///,' POUR L''ENSEMBLE DE CES WAGONS NOUS AVONS: '
15850=     +      ,//' NOMBRE TOTAL DE WAGONS     : ',I4
15860=     +      ,/' NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: ',I4,/' SEJOUR DE CES WAGONS: '
15870=     +    ,10X,I10,16X,I10,/1X,'POUR UNE MOYENNE DE : ',10X,I10,16X,I10/)
15880= 1700 FORMAT('1'///,' ETAT DU FAISCEAU DE CLASSIFICATION'//
15890=     +      ,12X,'AU DEBUT',17X,'A LA FIN'/
15900=     +      ,' TAG  TRAIN  DEPART  WAGONS'
15910=     +      ,'      TRAIN  DEPART  WAGONS')
15920= 1800 FORMAT(1X,I3,3X,A4,2X,I6,4X,I3,6X,A4,2X,I6,4X,I3)
15930= 1900 FORMAT(' TOTAL',14X,I6,19X,I6)
15940=      END
15950=*=============================================================================
15960=      SUBROUTINE PRINT3(HORAIRO,HORAIR1,GWAG,PARTI,BX,BY)
15970=      IMPLICIT INTEGER (A-W)
15980=      LOGICAL PARTI(BX,BY)
15990=      CHARACTER*3 OUI,NON,OK
16000=      CHARACTER*11 AV,RE,NIL,MS
16010=      DIMENSION HORAIRO(BX,BY),HORAIR1(BX,BY),GWAG(BX,BY)
16020=*INCL 1 * COMTR
16030=      DATA OUI,NON/'OUI','NON'/
16040=      DATA AV,RE,NIL/'AVANCE DE  ','RETARDE DE ','           '/
16050=      TOT=TEMB+400
16060=      WRITE(4,200)
16070=      DO 20 N=1,BX
16080=        DO 10 K=1,BY
16090=          IF(GWAG(N,K).EQ.0) GOTO 20
16100=          IF (HORAIRO(N,K).EQ.TOT) GOTO 10
16110=          DIFF=HORAIR1(N,K)-HORAIRO(N,K)
16120=          IF (DIFF.EQ.0) THEN
16130=            MS=NIL
16140=          ELSEIF(DIFF.LT.0) THEN
16150=            MS=AV
16160=          ELSE
16170=            MS=RE
16180=          ENDIF
16190=          IF (PARTI(N,K)) THEN
16200=            OK=OUI
16210=          ELSE
16220=            OK=NON
16230=          ENDIF
16240=          WRITE(4,100) TRIN(N),HORAIR1(N,K),MS,IABS(DIFF),OK,GWAG(N,K)
16250=   10   CONTINUE
16260=   20  CONTINUE
16270=  100 FORMAT(2X,A4,2X,I6,7X,A11,I6,10X,A3,6X,I3)
16280=  200 FORMAT('1'///,' TRAIN',2X,'DEPART',2X
16290=     +      ,'MODIFICATIONS A L''HORAIRE',2X
16300=     +      ,'AUTORISER',2X,'WAGONS')
16310=      RETURN
16320=      END
16330=*=============================================================================
16340=      SUBROUTINE PUTAINB(TAB1,TAB2,X1,X2,Y1,Y2)
16350=      INTEGER CY,CX,X1,X2,Y1,Y2,TAB1(X1:X2,Y1:Y2),TAB2(X1:X2,Y1:Y2)
16360=      DO 40 CY=Y1,Y2
16370=        DO 30 CX=X1,X2
16380=          TAB2(CX,CY)=TAB1(CX,CY)
16390=   30   CONTINUE
16400=   40 CONTINUE
16410=      RETURN
16420=      END
16430=*=============================================================================
16440=      SUBROUTINE PUTVAL(TAB,X1,X2,Y1,Y2,VAL)
16450=      INTEGER CX,CY,X1,X2,Y1,Y2,TAB(X1:X2,Y1:Y2),VAL
16460=      DO 20 CY=Y1,Y2
16470=              DO 10 CX=X1,X2
```

```
16480=            TAB(CX,CY)=VAL
16490=     10     CONTINUE
16500=     20   CONTINUE
16510=        RETURN
16520=        END
16530=*=======================================================================
16540=        SUBROUTINE RANG(SEQ,TOP,HEND)
16550=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
16560=        DIMENSION SEQ(TOP),RGTRIN(00090)
16570=*INCL 1 * COMTR
16580=        CALL PUTVAL(RGTRIN,1,00090,1,1,1001)
16590=        BSUP=SEQ(TOP)
16600=        DO 10 I=1,TOP
16610=          J=SEQ(I)
16620=          IF (J.GT.BSUP) BSUP=J
16630=          RGTRIN(J)=I
16640=     10   CONTINUE
16650=        WRITE(4,300)
16660=        DO 20 I=1,MAXARR
16670=          IF (DISPARR(I).GT.HEND) GOTO 30
16680=          IF (HMPARR(I).GT.0) THEN
16690=                WRITE(4,400) I,NOARR(I),HEUARR(I),RGTRIN(I),HMPARR(I)
16700=             ELSE
16710=                WRITE(4,400) I,NOARR(I),HEUARR(I)
16720=             ENDIF
16730=     20 CONTINUE
16740=     30 RETURN
16750=    300 FORMAT('1'///,' LISTE DES TRAINS A CLASSIFIER'/
16760=       +  ,1X,'NO  TRAIN  ARRIVEE  CLASSIFIER',/20X,'RANG  HEURE'/)
16770=    400 FORMAT(1X,I2,3X,A4,2X,I6,3X,I2,2X,I6)
16780=        END
16790=*=======================================================================
16800=        SUBROUTINE REVISE(TNO,KNO,WAGON,PWAG,PNEX,GWAG,HORAIR,PARTI
16810=       +                  ,CORR,BX,BY,BZ)
16820=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
16830=        LOGICAL PARTI(BX,BY)
16840=        DIMENSION PNEX(BZ),CORR(BZ)
16850=       +          ,GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY),WAGON(BX,BY),PWAG(BX,BY)
16860=*INCL 1 * COMTR
16870=        DGW=GWAG(TNO,KNO)
16880=        HDEP=HORAIR(TNO,KNO)
16890=        PTR=PWAG(TNO,KNO)
16900=        PWAG(TNO,KNO)=0
16910=        NBW=0
16920=     10 AWG=AWAGTAG(PTR)
16930=        IF ((DGW+NBW+AWG).LE.LMAX) THEN
16940=              NBW=NBW+AWG
16950=              TG=PNEX(PTR)
16960=              PNEX(PTR)=0
16970=              CALL ENCHAIN(PTR,TNO,KNO,PWAG,PNEX,BX,BY,BZ)
16980=              CORR(PTR)=TNO*10+KNO
16990=           ELSE
17000=              NEXT=TNO
17010=              IF (KNO.EQ.BY) GOTO 99
17020=              NEXK=KNO+1
17030=              NEXH=HORAIR(NEXT,NEXK)
17040=              CALL SUIVANT(HDEP,ALISTAG(PTR),NEXT,NEXK,NEXH
17050=       +                   ,GWAG,HORAIR,PARTI,00037,00004,01111)
17060=              WAGON(NEXT,NEXK)=WAGON(NEXT,NEXK)+AWG
17070=              TG=PNEX(PTR)
17080=              PNEX(PTR)=0
17090=              CALL ENCHAIN(PTR,NEXT,NEXK,PWAG,PNEX,BX,BY,BZ)
17100=              CORR(PTR)=NEXT*10+NEXK
17110=           ENDIF
17120=        PTR=TG
17130=        IF (PTR.GT.0) GOTO 10
17140=        WAGON(TNO,KNO)=NBW
17150=        RETURN
17160=     99 WRITE(4,'('' KNO=4 IN REVISE: PTR '',I3,'' TNO '',I2)') PTR,TNO
17170=        STOP
```

```
17180=       END
17190=*=======================================================================
17200=       SUBROUTINE SELECT(LISTE,MAX,NXGO,LMGO,GWAG,CORR
17210=      +                 ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY,BZ)
17220=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
17230=       DIMENSION LISTE(MAX),GWAG(BX,BY),CORR(BZ)
17240=      +         ,NXGO(1:BT2,BU1:BU2),LMGO(0:BT2)
17250=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
17260=*INCL  1 * COMTR
17270=       DO 60 I=1,MAX
17280=         PTR=LISTE(I)
17290=         MATTRI(I,1)=PTR
17300=         PTR=TAGARR(PTR)
17310=         CALL ATRAK(PTR,NXGO,LMGO,GWAG,MATTRI(I,2),CORR
17320=      +                 ,BT1,BT2,BU1,BU2,BX,BY,BZ)
17330=    60 CONTINUE
17340=       CLE(1)=2
17350=       CALL TRIGS(MAX)
17360=       IF (MATTRI(1,2).EG.0) GOTO 50
17390=       TOTAL=0
17400=       DO 10 I=1,MAX
17410=         TOTAL=TOTAL-MATTRI(I,2)
17420=         LISTE(I)=MATTRI(I,1)
17430=    10  CONTINUE
17440=       IF (TRIV) GOTO 50
17450=       IF (STW) THEN
17460=             BORNE=MATTRI(1,2)+POURCEN*(MATTRI(MAX,2)-MATTRI(1,2))
17470=             I=2
17480=    15       IF (MATTRI(I,2).LE.BORNE) THEN
17490=                I=I+1
17500=                IF (I.LE.MAX) GOTO 15
17510=             ENDIF
17520=             MAX=I-1
17530=          ELSE
17540=             BORNE=NINT(POURCEN*TOTAL)
17550=             TOTAL=0
17560=             I=1
17570=    20       TOTAL=TOTAL-MATTRI(I,2)
17580=             IF (TOTAL.LT.BORNE) THEN
17590=                I=I+1
17600=                IF (I.LE.MAX) GOTO 20
17610=             ELSE
17620=                BORNE=-MATTRI(I,2)
17630=    30          IF (I.LT.MAX) THEN
17640=                   I=I+1
17650=                   IF ((BORNE+MATTRI(I,2)).LE.1) GOTO 30
17660=                   I=I-1
17670=                ENDIF
17680=             ENDIF
17690=             IF (I.EG.1) THEN
17700=                MAX=I+1
17710=             ELSE
17720=                MAX=I
17730=             ENDIF
17740=          ENDIF
17760=    50 RETURN
17770=       END
17780=*=======================================================================
17790=       SUBROUTINE SUIVANT (HDEC,ETIG,TNO,KNO,HBEST,GWAG,HORAIR,PARTI
17800=      +                   ,BX,BY,BZ)
17810=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
17820=       DIMENSION GWAG(BX,BY),HORAIR(BX,BY)
17830=       LOGICAL PARTI(BX,BY)
17840=*INCL  1 * COMTR
17850=       M3=BY-1
17860=       NO=TNO
17870=       SUIV=TRINDES(TNO)
17880=    10 IF (SUIV.LE.BX) THEN
17890=          TG=TRINTAG(SUIV)
17900=    20    IF (TG.NE.ETIG) THEN
```

```
17910=                TG=TAGTAG(TG)
17920=                IF (TG.LE.00108) GOTO 20
17930=                SUIV=TRINDES(SUIV)
17940=              ELSE
17950=                SK=1
17960=   30           CALL NEXTRIN(HDEC, SUIV, SK, QWAG, HDEP, HORAIR, BX, BY)
17970=                IF (PARTI(SUIV, SK)) THEN
17980=                    IF (SK.LT.M3) THEN
17990=                        SK=SK+1
18000=                        GOTO 30
18010=                      ELSE
18020=                        SUIV=TRINDES(SUIV)
18030=                        IF (SUIV.NE.NO) GOTO 10
18040=                      ENDIF
18050=                  ENDIF
18060=                IF (HDEP.LT.HBEST) THEN
18070=                    HBEST=HDEP
18080=                    TNO=SUIV
18090=                    KNO=SK
18100=                    SUIV=TRINDES(TNO)
18110=                  ELSE
18120=                    SUIV=TRINDES(SUIV)
18130=                  ENDIF
18140=              ENDIF
18150=            IF (SUIV.NE.NO) GOTO 10
18160=          ENDIF
18170=        RETURN
18180=        END
18190=*=======================================================================
18420=        INTEGER FUNCTION THUMP(NB)
18430=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
18440=*INCL 1 * COMTR
18450=        IF (HPTIM) THEN
18460=            THUMP=NINT((20+0.5*NB)/60.0*100)
18470=          ELSE
18480=            THUMP=(NB*100)/60
18490=          ENDIF
18500=        RETURN
18510=        END
18520=*=======================================================================
18530=        SUBROUTINE TRAITE(H1, H2, G1, G2, C1, C2, P1, P2, M1, M2
18540=       +                 , THP, BV, PTL, MXT, HP, PTC, TEM1, TEM2, HACT
18550=       +                 , NXGO, LMGO, LISTE, BL, NIVEAU, BT1, BY, BU2, BT2, BX, BZ)
18560=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
18570=        LOGICAL P1(BX,BY), P2(BX,BY)
18580=        DIMENSION LISTE(BL), THP(BV)
18590=       +          , NXGO(BT2, BT1:BU2), LMGO(BT1:BT2)
18600=       +          , H1(BX,BY), H2(BX,BY), M1(BX,BY), M2(BX,BY)
18610=       +          , G1(BX,BY), G2(BX,BY), C1(BZ), C2(BZ)
18620=*INCL 1 * COMTR
18630=        CALL COPIE(H1, H2, G1, G2, C1, C2, P1, P2, M1, M2, BX, BY, BZ)
18640=        MXT=PTL+NIVEAU
18650=        CALL CLEAN(BV, MXT, THP)
18660=        PTC=LISTE(HP)
18670=        HMPARR(PTC)=-TEM1
18680=        THP(MXT)=PTC
18690=        PTR=TAGARR(PTC)
18700=        CALL HUMP(PTC, TEM1, TEM2, G2, H2, C2, P2, HACT, M2, BX, BY, BZ)
18710=        RETURN
18720=        END
18730=*=======================================================================
18740=        SUBROUTINE TRANSF(ITRAN1, ITRAN2)
18750=
18760=*    CETTE SOUS-ROUTINE FAIT LE TRANSFERT DES DEUX ELEMENTS
18770=*   DONT LES INDICES SONT 'ITRAN1' ET 'ITRAN2'
18780=
18790=        IMPLICIT INTEGER (A-Z)
18800=        COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2), CLE(1)
18810=        INTEGER MATTRI, BIDON
18820=        DO 10 I=1,2
```

```
18830=       BIDON = MATTRI(ITRAN1,I)
18840=       MATTRI(ITRAN1,I) = MATTRI(ITRAN2,I)
18850=       MATTRI(ITRAN2,I) = BIDON
18860=    10 CONTINUE
18870=
18880=       RETURN
18890=       END
18900=*=====================================================================
18910=       SUBROUTINE TRIQS(DIM)
18920=*     PROCEDURE ECRITE PAR LUCIE BIBEAU
18930=       IMPLICIT INTEGER (A-Z)
18940=       COMMON /PARAM/ MATTRI(00099,2),CLE(1)
18950=       DIMENSION ECHAN(2),TEMP(1),ILOW(16),IUP(16)
18960=       INTEGER MATTRI,ECHAN,TEMP
18970=       DATA NSHELL /10/
18980=
18990=****     VARIABLES DU COMMON     ****
19000=*     CLE : TABLEAU DONT LE IEME INDICE INDIQUE QUEL VECTEUR-CO-
19010=*           LONNE DE 'MATTRI' SERT DE IEME CLE POUR LE TRI
19020=*     MATTRI : MATRICE CONTENANT LES ELEMENTS (VECTEURS-LIGNES)
19030=*              A TRIER SELON CERTAINES DES INFORMATIONS (VECTEURS-
19040=*              COLONNES)
19050=
19060=       IPILE = 1
19070=       BINF = 1
19080=       BSUP = DIM
19090=       IF(BINF.GE.BSUP) GOTO 70
19100=
19110=*     COMPARAISON DE L'ELEMENT INDICE 'BINF' ET DE CELUI INDICE
19120=*     'MILIEU' ET TRANSFERT SI NECESSAIRE
19130=
19140=    10 GAUCHE = BINF
19150=       MILIEU = (BINF+BSUP)/2
19160=       CALL AFFECT(MILIEU,TEMP)
19170=       IF(COMPAR(BINF,TEMP)) 20,20,15
19180=    15 CALL TRANSF(BINF,MILIEU)
19190=
19200=*     COMPARAISON DE L'ELEMENT INDICE 'BSUP' ET DE CELUI INDICE
19210=*     'MILIEU' ET TRANSFERT SI NECESSAIRE
19220=
19230=       CALL AFFECT(MILIEU,TEMP)
19240=    20 DROITE = BSUP
19250=       IF(COMPAR(BSUP,TEMP)) 25,40,40
19260=    25 CALL TRANSF(BSUP,MILIEU)
19270=
19280=*     SECONDE COMPARAISON DE L'ELEMENT INDICE 'BINF' ET DE CELUI
19290=*     INDICE 'MILIEU' (CAR CE DERNIER A CHANGE) ET TRANSFERT SI
19300=*     NECESSAIRE
19310=
19320=       CALL AFFECT(MILIEU,TEMP)
19330=       IF(COMPAR(BINF,TEMP)) 40,40,30
19340=    30 CALL TRANSF(BINF,MILIEU)
19350=       CALL AFFECT(MILIEU,TEMP)
19360=       GOTO 40
19370=
19380=    35 CALL TRANSF(DROITE,GAUCHE)
19390=
19400=*     TANT QUE L'ELEMENT INDICE 'DROITE' > CELUI INDICE 'MILIEU'
19410=*     (SELON LES CLES DEFINIES), DIMINUTION DE 'DROITE' ET COM-
19420=*     PARAISON DE CES ELEMENTS
19430=
19440=    40 DROITE = DROITE - 1
19450=       IF(COMPAR(DROITE,TEMP)) 50,50,40
19460=
19470=*     TANT QUE L'ELEMENT INDICE 'GAUCHE' < CELUI INDICE 'MILIEU'
19480=*     (SELON LES CLES DEFINIES), AUGMENTATION DE 'GAUCHE' ET
19490=*     COMPARAISON DE CES ELEMENTS
19500=
19510=    50 GAUCHE = GAUCHE + 1
19520=       IF(COMPAR(GAUCHE,TEMP)) 50,55,55
```

```
19530=
19540=*     COMPARAISON DES INDICES 'DROITE' ET 'GAUCHE' : LORSQUE
19550=*     CEUX-CI SE RENCONTRENT, LES ELEMENTS ONT TOUS ETE EXAMI-
19560=*     NES ET ON SEPARE LE SOUS-ENSEMBLE EN DEUX
19570=
19580=     55 IF(GAUCHE.LE.DROITE) GOTO 35
19590=        IF(DROITE-BINF.LE.BSUP-GAUCHE) GOTO 60
19600=        ILOW(IPILE) = BINF
19610=        IUP(IPILE) = DROITE
19620=        BINF = GAUCHE
19630=        IPILE = IPILE + 1
19640=        GOTO 80
19650=
19660=     60 ILOW(IPILE) = GAUCHE
19670=        IUP(IPILE) = BSUP
19680=        BSUP = DROITE
19690=        IPILE = IPILE + 1
19700=        GOTO 80
19710=
19720=*     FIN DU TRI D'UN SOUS-ENSEMBLE : ON DEPILE POUR VOIR S'IL
19730=*     RESTE D'AUTRES SOUS-ENSEMBLES A TRIER
19740=
19750=     70 IPILE = IPILE - 1
19760=        IF(IPILE.EQ.0) RETURN
19770=        BINF = ILOW(IPILE)
19780=        BSUP = IUP(IPILE)
19790=
19800=*     TRI DU SOUS-ENSEMBLE LE PLUS PETIT FORME DE LA DIVISION DE
19810=*     L'ANCIEN SOUS-ENSEMBLE EN DEUX
19820=
19830=     80 IF(BSUP-BINF.GE.NSHELL) GOTO 10
19840=        BINF = BINF-1
19850=
19860=     90 BINF = BINF + 1
19870=        IF(BINF.EQ.BSUP) GOTO 70
19880=        CALL AFFECT(BINF+1,TEMP)
19890=        IF(COMPAR(BINF,TEMP)) 90,90,95
19900=
19910=     95 GAUCHE = BINF
19920=        DO 96 I=1,2
19930=        ECHAN(I) = MATTRI(GAUCHE+1,I)
19940=     96 CONTINUE
19950=
19960=    100 DO 106 I=1,2
19970=        MATTRI(GAUCHE+1,I) = MATTRI(GAUCHE,I)
19980=    106 CONTINUE
19990=
20000=        GAUCHE = GAUCHE - 1
20010=        IF(GAUCHE.EQ.0) GOTO 110
20020=        IF(COMPAR(GAUCHE,TEMP)) 110,110,100
20030=
20040=    110 DO 116 I=1,2
20050=        MATTRI(GAUCHE+1,I) = ECHAN(I)
20060=    116 CONTINUE
20070=
20080=        GOTO 90
20090=
20100=        END
20110=*=============================================================================
20120=        SUBROUTINE TRIVIAL(TMX,GWAGO,HORAIRO,CORRO,PARTIO,MODIFO,BX,BY,BZ)
20130=        IMPLICIT INTEGER (A-W)
20140=        LOGICAL PARTIO(BX,BY),PARTI1(00037,00004)
20150=        DIMENSION GWAGO(BX,BY),HORAIRO(BX,BY),MODIFO(BX,BY),CORRO(BZ)
20160=       +          ,CORR1(01111),HORAIR1(00037,00004),THP(00037)
20170=       +          ,GWAG1(00037,00004),MODIF1(00037,00004)
20180=*INCL 1 * COMTR
20190=        DATA (THP(I),I=1,00037)/00037*0/
20200=        DATA (CORR1(I),I=1,01111)/01111*0/
20210=    500 FORMAT (' SEQUENCE ',00037(I2,1X))
20220=    600 FORMAT(' TEMPS DE SEJOUR TOTAL',I10,'    SEJOUR MOYEN',I5)
```

```
20230=   700 FORMAT(' TEMPS DE SEJOUR COMPARE',I10,'   SEJOUR MOYEN COMPARE',I5
20240=     +/)
20250=       HEND=TMX+FENP
20260=       MXT=0
20270=       CALL COPIE(HORAIRO,HORAIR1,QWAGO,QWAG1,CORRO,CORR1
20280=      +           ,PARTIO,PARTI1,MODIFO,MODIF1,BX,BY,BZ)
20290=       CALL BESTRIN(HEND,TMX,QWAG1,HORAIR1,BX,BY,BZ
20300=      +           ,THP,MXT,CORR1,PARTI1,MODIF1)
20310=       WRITE(4,'('' SOLUTION MEILLEUR PROCHAIN TRAIN'')')
20320=       CALL COUT(HEND,TOTAL,CSEJ,MTOT,CMSJ,HORAIR1,CORR1,BX,BY,BZ)
20330=       WRITE(4,500) (THP(I),I=1,MXT)
20340=       WRITE(4,600) TOTAL,MTOT
20350=       WRITE(4,700) CSEJ,CMSJ
20360=       CALL RANG(THP,MXT,HEND)
20370=       CALL PRINT2(CORRO,CORR1,HORAIRO,HORAIR1,QWAG1,PARTI1,HEND
20380=      +           ,BX,BY,BZ)
20390=       CALL CLEAN(BX,1,THP)
20400=       MXT=0
20410=       CALL COPIE(HORAIRO,HORAIR1,QWAGO,QWAG1,CORRO,CORR1
20420=      +           ,PARTIO,PARTI1,MODIFO,MODIF1,BX,BY,BZ)
20430=       CALL FIFO(HEND,TMX,QWAG1,HORAIR1,THP,MXT,CORR1,PARTI1,MODIF1
20440=      +           ,BX,BY,BZ)
20450=       WRITE(4,'('' SOLUTION FIFO'')')
20460=       CALL COUT(HEND,TOTAL,CSEJ,MTOT,CMSJ,HORAIR1,CORR1,BX,BY,BZ)
20470=       WRITE(4,500) (THP(I),I=1,MXT)
20480=       WRITE(4,600) TOTAL,MTOT
20490=       WRITE(4,700) CSEJ,CMSJ
20500=       CALL PRINT2(CORRO,CORR1,HORAIRO,HORAIR1,QWAG1,PARTI1,HEND
20510=      +           ,BX,BY,BZ)
20520=       CALL CLEAN(BX,1,THP)
20530=       MXT=0
20540=       CALL COPIE(HORAIRO,HORAIR1,QWAGO,QWAG1,CORRO,CORR1
20550=      +           ,PARTIO,PARTI1,MODIFO,MODIF1,BX,BY,BZ)
20560=       CALL BIG(HEND,TMX,QWAG1,HORAIR1,THP,MXT,CORR1,PARTI1,MODIF1
20570=      +         ,BX,BY,BZ)
20580=       WRITE(4,'('' SOLUTION PLUS GROS TRAIN'')')
20590=       CALL COUT(HEND,TOTAL,CSEJ,MTOT,CMSJ,HORAIR1,CORR1,BX,BY,BZ)
20600=       WRITE(4,500) (THP(I),I=1,MXT)
20610=       WRITE(4,600) TOTAL,MTOT
20620=       WRITE(4,700) CSEJ,CMSJ
20630=       CALL RANG(THP,MXT,HEND)
20640=       CALL PRINT2(CORRO,CORR1,HORAIRO,HORAIR1,QWAG1,PARTI1,HEND
20650=      +           ,BX,BY,BZ)
20660=       CALL CLEAN(BX,1,THP)
20670=       TRIV=.FALSE.
20680=       RETURN
20690=       END
20700=*=====================================================================
20710=       SUBROUTINE VALIDE(WAGON,BX,BY)
20720=       IMPLICIT INTEGER (A-W)
20730=       LOGICAL NBLT80,NOTEXAM(00037)
20740=       DIMENSION WAGON(BX,BY)
20750=*INCL  1 * COMTR
20760=       DATA (NOTEXAM(I),I=00001,00037)/00037*.TRUE./
20770=       NO=1
20780=    10 TWAG=0
20790=       N=NO
20800=    20 DO 30 K=1,BY
20810=         TWAG=TWAG+WAGON(N,K)
20820=    30   CONTINUE
20830=       N=TRINDES(N)
20840=       NBLT80=(TWAG.LT.LMIN)
20850=       IF (((N.NE.NO).AND.(N.NE.00038)).AND.(NBLT80)) GOTO 20
20860=       N=NO
20870=    40 TRINOK(N)=NBLT80
20880=       NOTEXAM(N)=.FALSE.
20890=       N=TRINDES(N)
20900=       IF ((N.NE.NO).AND.(N.NE.00038)) GOTO 40
20910=    50 NO=NO+1
20920=       IF (NO.LE.BX) THEN
20930=             IF (NOTEXAM(NO)) GOTO 10
20940=             GOTO 50
20950=          ENDIF
20960=       RETURN
20970=       END
```

Fichier COMTR : Variables globales du programme

```
      CHARACTER*4 TRIN,NOARR
      REAL PORTION,POURCEN
      LOGICAL OUV,ESSAI,HORD,HPTIM,TRIV,STW,STRA,TRINOK
      COMMON/INFO/TAGTAG(00000:00108),TAGTRIN(00000:00108)
     +        ,TRINTAG(00000:00037),TRINDES(00000:00037),TRINOK(00037)
      COMMON/NOTAG/TAG(00000:00109)
      COMMON/NOMTRIN/TRIN(00000:00038)
      COMMON/HORAIR/HORJOUR(00037),HORHEUR(00037),HORLMAX(00037)
     +             ,HORSUIV(00037)
      COMMON/TRINARR/NOARR(00090)
      COMMON/ARR/HEUARR(00090),DISPARR(00090),TAGARR(00090)
     +          ,NBARR(00090),HMPARR(00090),MAXARR
      COMMON/ALIST/ALISTAG(01111),ATRIN(01111),AWAGTAG(01111)
     +            ,ALONTAG(01111),ANEXTAG(01111),MAXALST
      COMMON/ALIST/CLONWAG(00000:00108,00001:00004)
     +            ,CDEP(00000:00108,00004),CNBWAG(00000:00108,00004)
      COMMON/CONST/TEMA,TEMB,DURE,TDEP,EPS,PORTION,POURCEN,MLON,HPTIM
     +      ,FENG,FENP,OUV,PROF,ESSAI,HORD,TRIV,STW,STRA,LMIN,LMOY,LMAX
```

ANNEXE E

HORAIRE DE DÉPART INITIAL

HORAIRE INTIAL DES TRAINS EN PARTANCE

LISTE DES QUATRES PROCHAINS DEPARTS PREVUS POUR CHAQUE TRAIN

TRAIN	T002	HEURE	211850	214250	216650	219050
TRAIN	T004	HEURE	213050	215450	217850	220250
TRAIN	T022	HEURE	208729	210000	212400	214800
TRAIN	T048	HEURE	212800	215200	217600	220000
TRAIN	T062	HEURE	211850	214250	216650	219050
TRAIN	T066	HEURE	213550	215950	218350	220750
TRAIN	T067	HEURE	213400	215800	218200	220600
TRAIN	T071	HEURE	211900	214300	216700	219100
TRAIN	T073	HEURE	212000	214400	216800	219200
TRAIN	T075	HEURE	208100	210500	212900	215300
TRAIN	T077	HEURE	208100	210500	212900	215300
TRAIN	T082	HEURE	209611	209550	214350	216750
TRAIN	T084	HEURE	209676	210350	212750	215150
TRAIN	T086	HEURE	210099	211150	213550	215950
TRAIN	T091	HEURE	206850	209250	211650	214050
TRAIN	T093	HEURE	212475	214875	217275	219675
TRAIN	223	HEURE	208550	225350	242150	258950
TRAIN	301	HEURE	206400	209676	211400	213800
TRAIN	305	HEURE	208100	210500	212900	215300
TRAIN	306	HEURE	207700	210100	212500	214900
TRAIN	317	HEURE	206400	209275	211675	214075
TRAIN	337	HEURE	207000	209611	211800	214200
TRAIN	340	HEURE	206400	209100	211500	213900
TRAIN	344	HEURE	208250	210650	213050	215450
TRAIN	385	HEURE	207850	210250	212650	215050
TRAIN	393	HEURE	207525	209925	212325	214725
TRAIN	394	HEURE	206750	210099	211550	213950
TRAIN	397	HEURE	206400	209350	211750	214150
TRAIN	399	HEURE	208500	210900	215700	218100
TRAIN	419	HEURE	208550	210950	213350	215750
TRAIN	426	HEURE	210099	211150	213550	215950
TRAIN	427	HEURE	206700	209100	213900	216300
TRAIN	432	HEURE	207660	209850	212250	214650
TRAIN	436	HEURE	207550	212350	214750	217150
TRAIN	444	HEURE	206650	209050	211450	213850
TRAIN	548	HEURE	209214	210250	212650	215050
TRAIN	589	HEURE	209978	213100	215500	217900

ANNEXE F

SOLUTION DU PROGRAMME TRAIN

LISTE NO	DES TRAIN	TRAINS A ARRIVEE	CLASSIFIER RANG	CLASSIFIER HEURE
1	308	205616	3	206169
2	447	205658	10	206859
3	396	205733	1	206000
4	T092	205841	4	206276
5	318	205950	2	206085
6	B396	205991	7	206567
7	214	206108	8	206684
8	T003	206200	5	206362
9	392	206191	14	207289
10	428	206233	6	206454
11	393	206500	9	206761
12	341	206600	11	206947
13	318	206775	15	207400
14	549	206800	12	207041
15	398	206891	20	207935
16	345	206941	13	207169
17	390	207000	21	208039
18	T090	207200	18	207739
19	425	207225	16	207517
20	811	207250	17	207621
21	435	207600		
22	420	207591	19	207819
23	T001	208000	22	208148
24	308	208016	23	208226
25	302	208108		
26	428	208138	24	208332
27	811	208208		
28	392	208266		
29	396	208541		
30	214	208683		
31	393	208725		
32	341	208766		

TRAIN NUMERO: 308 HEURE D'ARRIVEE : 205616
DISPONIBLE A : 205764
NOMBRE DE WAGONS: 89
CLASSIFIER DE : 206169 A 206276

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
30	1	44								
41	3	154								
43	2	103								
103	1	54	436	207550	1934	1934	436	207917	2301	2301
119	1	44	432	207660	2044	2044	432	208021	2405	2405
129	1	47	444	206650	1034	1034	444	208849	3233	3233
152	1	50	427	206700	1084	1084	427	209100	3484	3484
164	11	488	344	208250	2634	28974	344	206676	1060	11660
168	1	67	344	208250	2634	2634	344	206676	1060	1060
171	1	44	548	209214	3598	3598	548	209214	3598	3598
176	2	99	344	208250	2634	5268	344	206676	1060	2120
178	2	114	548	209214	3598	7196	548	209214	3598	7196
181	15	700	306	207700	2084	31260	306	207161	1545	23175
181	6	281	306	207700	2084	12504	306	207161	1545	9270
182	4	192	394	206750	1134	4536	394	210099	4483	17932
183	10	539	344	208250	2634	26340	344	206676	1060	10600
756	1	44	427	206700	1084	1084	427	209100	3484	3484
763	2	88	344	208250	2634	5268	344	206676	1060	2120
814	1	57	T062	211850	6234	6234	T062	211850	6234	6234
820	2	115	589	209998	4382	8764	589	209998	4382	8764
834	6	312	T091	206850	1234	7404	T091	206754	1138	6828
837	6	260	T091	206850	1234	7404	T091	206754	1138	6828
854	9	467	T002	211850	6234	56106	T002	207161	1545	13905

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 83
SEJOUR DE CES WAGONS: 220670 146197
POUR UNE MOYENNE DE : 2658 1761

TRAIN NUMERO: 447 HEURE D'ARRIVEE : 205658
DISPONIBLE A : 205768
NOMBRE DE WAGONS: 66
CLASSIFIER DE : 206859 A 206947

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
32	1	44								
35	15	839								
41	1	55								
43	1	57								
102	4	198	337	207000	1342	5368	223	208632	2974	11896
105	1	57	393	207525	1867	1867	393	207347	1689	1689
106	8	491	385	207850	2192	17536	305	207817	2159	17272
111	8	471	393	207525	1867	14936	393	207347	1689	13512
112	1	57	393	207525	1867	1867	393	207347	1689	1689
120	1	58	385	207850	2192	2192	399	208335	2677	2677
127	1	58	337	207000	1342	1342	337	209611	3953	3953
128	1	44	337	207000	1342	1342	337	209611	3953	3953
152	1	58	427	206700	1042	1042	427	209100	3442	3442
155	3	176	419	208550	2892	8676	419	208021	2363	7089
156	1	58	427	206700	1042	1042	427	209100	3442	3442
157	5	290	427	206700	1042	5210	427	209100	3442	17210
165	1	56	394	206750	1092	1092	394	210099	4441	4441
175	1	58	548	209214	3556	3556	548	209214	3556	3556
176	1	58	344	208250	2592	2592	344	208548	2890	2890
182	1	71	394	206750	1092	1092	394	210099	4441	4441
183	3	174	344	208250	2592	7776	344	208548	2890	8670
656	2	116	427	206700	1042	2084	427	209100	3442	6884
805	1	96	T022	208729	3071	3071	T022	208849	3191	3191
836	1	57	T091	206850	1192	1192	T091	209250	3592	3592
938	2	114	427	206700	1042	2084	427	209100	3442	6884

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 48
SEJOUR DE CES WAGONS: 86959 132373
POUR UNE MOYENNE DE : 1811 2757

TRAIN NUMERO 396 HEURE D'ARRIVEE : 205733
DISPONIBLE A : 205836
NOMBRE DE WAGONS : 62
CLASSIFIER DE : 206000 A 206085

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	1	58								
35	2	108								
41	1	58								
110	1	59	444	206650	917	917	444	208849	3116	3116
119	1	76	432	207660	1927	1927	432	208021	2288	2288
129	1	44	444	206650	917	917	444	208849	3116	3116
152	2	100	427	206700	967	1934	427	206569	836	1672
155	1	58	419	208550	2817	2817	419	208021	2288	2288
164	4	209	344	208250	2517	10068	344	206676	943	3772
176	2	115	344	208250	2517	5034	344	206676	943	1886
177	2	114	T082	209611	3878	7756	T082	209611	3878	7756
178	3	171	548	209214	3481	10443	548	209214	3481	10443
180	5	284	394	206750	1017	5085	394	206569	836	4180
182	2	113	426	210099	4366	8732	394	206569	836	1672
183	7	361	344	210650	4917	34419	344	206676	943	6601
564	5	468	344	210650	4917	24585	344	206676	943	4715
656	1	44	427	206700	967	967	427	206569	836	836
715	1	60	436	207550	1817	1817	436	207917	2184	2184
807	1	57	T048	212800	7067	7067	T048	212800	7067	7067
820	5	285	589	209998	4265	21325	589	209998	4265	21325
834	1	56	T091	206850	1117	1117	T091	206754	1021	1021
836	2	101	T091	206850	1117	2234	T091	206754	1021	2042
837	3	162	T091	206850	1117	3351	T091	206754	1021	3063
840	2	140	T002	211850	6117	12234	T002	207161	1428	2856
854	5	272	T002	211850	6117	30585	T002	207161	1428	7140
935	1	59	T002	211850	6117	6117	T002	207161	1428	1428

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 58
SEJOUR DE CES WAGONS: 201448 102467
POUR UNE MOYENNE DE : 3473 1766

TRAIN NUMERO: T092 HEURE D'ARRIVEE : 205841
DISPONIBLE A : 205946
NOMBRE DE WAGONS : 63
CLASSIFIER DE : 206276 A 206362

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	1	44								
32	4	176								
35	3	155								
41	2	99								
102	7	323	337	207000	1159	8113	337	206854	1013	7091
103	3	132	436	207550	1709	5127	436	207917	2076	6228
106	8	426	385	207850	2009	16072	385	206967	1126	9008
107	1	64	393	207525	1684	1684	393	207347	1506	1506
109	2	126	223	208550	2709	5418	223	208632	2791	5582
112	1	56	393	207525	1684	1684	393	207347	1506	1506
116	2	112	385	207850	2009	4018	385	206967	1126	2252
120	4	188	385	207850	2009	8036	385	206967	1126	4504
127	3	132	337	207000	1159	3477	337	206854	1013	3039
128	1	53	337	207000	1159	1159	337	206854	1013	1013
152	1	53	427	206700	859	859	427	209100	3259	3259
158	2	101	419	208550	2709	5418	419	208021	2180	4360
179	5	220	344	210650	4809	24045	344	208548	2707	13535
181	1	69	306	207700	1859	1859	306	207161	1320	1320
820	1	68	589	209998	4157	4157	589	209998	4157	4157
913	1	36	317	209275	3434	3434	317	208139	2298	2298
915	9	483	317	209275	3434	30906	317	208139	2298	20682
917	1	56	317	209275	3434	3434	317	208139	2298	2298

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 53
SEJOUR DE CES WAGONS: 128900 93638
POUR UNE MOYENNE DE : 2432 1766

TRAIN NUMERO: 318 HEURE D'ARRIVEE : 205930
DISPONIBLE A : 206051
NOMBRE DE WAGONS: 61
CLASSIFIER DE : 206085 A 206169

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
35	1	56								
43	1	58								
103	1	44	436	207550	1600	1600	436	207917	1967	1967
106	1	44	385	207850	1900	1900	385	206967	1017	1017
110	2	99	444	206650	700	1400	444	208849	2899	5798
119	2	95	432	207660	1710	3420	432	208021	2071	4142
129	3	164	444	206650	700	2100	444	208849	2899	8697
152	9	508	427	206700	750	6750	427	206569	619	5571
155	5	288	419	208550	2600	13000	419	208021	2071	10355
168	1	50	344	210650	4700	4700	344	206676	726	726
171	2	136	548	209214	3264	6528	548	209214	3264	6528
172	5	243	394	210099	4149	20745	394	206569	619	3095
176	1	58	344	210650	4700	4700	344	206676	726	726
177	1	59	T082	209611	3661	3661	T082	209611	3661	3661
179	4	228	344	210650	4700	18800	344	206676	726	2904
180	1	49	394	210099	4149	4149	394	206569	619	619
181	5	236	306	207700	1750	8750	306	207161	1211	6055
182	1	57	426	210099	4149	4149	394	206569	619	619
183	1	57	344	210650	4700	4700	344	206676	726	726
819	1	94	T071	211900	5950	5950	T071	211900	5950	5950
820	5	285	589	209998	4048	20240	589	209998	4048	20240
836	1	38	T091	206850	900	900	T091	206754	804	804
837	7	384	T091	206850	900	6300	T091	206754	804	5628

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 59
SEJOUR DE CES WAGONS: 144442 95828
POUR UNE MOYENNE DE : 2448 1624

TRAIN NUMERO: B396 HEURE D'ARRIVEE : 205991
DISPONIBLE A : 206157
NOMBRE DE WAGONS: 100
CLASSIFIER DE : 206567 A 206684

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
30	1	54								
41	5	277								
119	1	54	432	207660	1669	1669	432	208021	2030	2030
152	2	114	427	209100	3109	6218	427	209100	3109	6218
153	2	88	419	208550	2559	5118	419	208021	2030	4060
155	6	385	419	208550	2559	15354	419	208021	2030	12180
164	4	209	344	210650	4659	18636	344	208548	2557	10228
168	7	392	344	210650	4659	32613	344	208548	2557	17899
169	1	56	394	210099	4108	4108	394	210099	4108	4108
170	1	54	306	207700	1709	1709	306	207161	1170	1170
171	1	58	548	209214	3223	3223	548	209214	3223	3223
175	2	101	548	209214	3223	6446	548	209214	3223	6446
177	1	57	T082	209611	3620	3620	T082	209611	3620	3620
180	2	117	394	210099	4108	8216	394	210099	4108	8216
181	15	726	306	207700	1709	25635	306	207161	1170	17550
181	12	582	306	207700	1709	20508	306	207161	1170	14040
182	4	205	426	210099	4108	16432	426	210099	4108	16432
183	2	98	344	210650	4659	9318	344	208548	2557	5114
581	6	560	306	207700	1709	10254	306	207161	1170	7020
756	1	53	427	209100	3109	3109	427	209100	3109	3109
805	2	98	T022	208729	2738	5476	T022	208849	2858	5716
820	4	189	589	209998	4007	16028	589	209998	4007	16028
827	1	44	589	209998	4007	4007	589	209998	4007	4007
834	3	146	T091	206850	859	2577	T091	209250	3259	9777
836	2	101	T091	206850	859	1718	T091	209250	3259	6518
837	2	100	T091	206850	859	1718	T091	209250	3259	6518
854	4	178	T002	211850	5859	23436	T002	207161	1170	4680
935	4	203	T002	211850	5859	23436	T002	207161	1170	4680
938	2	99	427	209100	3109	6218	427	209100	3109	6218

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 94
SEJOUR DE CES WAGONS: 276800 206803
POUR UNE MOYENNE DE : 2944 2200

TRAIN NUMERO: 214 HEURE D'ARRIVEE : 206108
DISPONIBLE A : 206194
NOMBRE DE WAGONS : 52
CLASSIFIER DE : 206684 A 206761

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
35	1	55								
43	1	44								
110	2	120	444	209050	2942	5884	444	208849	2741	5482
119	5	326	432	207660	1552	7760	432	208021	1913	9565
124	1	59	436	207550	1442	1442	436	207917	1809	1809
129	5	232	444	209050	2942	14710	444	208849	2741	13705
158	1	57	419	208550	2442	2442	419	208021	1913	1913
164	2	102	344	210650	4542	9084	344	208548	2440	4880
165	2	88	394	210099	3991	7982	394	210099	3991	7982
177	2	114	T082	209611	3503	7006	T082	209611	3503	7006
181	13	650	306	207700	1592	20696	306	207161	1053	13689
182	4	226	426	210099	3991	15964	426	210099	3991	15964
183	1	59	344	210650	4542	4542	344	208548	2440	2440
763	1	54	344	210650	4542	4542	344	208548	2440	2440
820	2	102	589	209998	3890	7780	589	209998	3890	7780
827	1	55	589	209998	3890	3890	589	209998	3890	3890
854	5	262	T002	211850	5742	28710	T002	207161	1053	5265
932	3	176	T002	211850	5742	17226	T002	207161	1053	3159

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 50
SEJOUR DE CES WAGONS: 159660 106969
POUR UNE MOYENNE DE : 3193 2139

TRAIN NUMERO: T003 HEURE D'ARRIVEE : 206200
DISPONIBLE A : 206316
NOMBRE DE WAGONS : 70
CLASSIFIER DE : 206362 A 206454

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	10	462								
35	1	44								
41	1	44								
43	3	192								
102	12	667	337	207000	800	9600	337	206854	654	7848
103	1	58	436	207550	1350	1350	436	207917	1717	1717
106	4	197	385	207850	1650	6600	385	206967	767	3068
109	3	206	223	208550	2350	7050	223	208632	2432	7296
116	2	93	385	207850	1650	3300	385	206967	767	1534
152	3	145	427	209100	2900	8700	427	209100	2900	8700
153	3	132	419	208550	2350	7050	419	208021	1621	5463
177	9	457	T082	209611	3411	30699	T082	209611	3411	30699
178	3	171	548	209214	3014	9042	548	209214	3014	9042
181	5	220	340	209100	2900	14500	306	207161	961	4805
805	2	110	T022	208729	2529	5058	T022	208849	2649	5298
840	6	342	T002	214250	8050	48300	T002	207161	961	5766
854	2	114	T004	213050	6850	13700	T002	207161	961	1922

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 55
SEJOUR DE CES WAGONS: 164949 93158
POUR UNE MOYENNE DE : 2999 1693

TRAIN NUMERO 392 HEURE D'ARRIVEE : 206191
DISPONIBLE A : 206346
NOMBRE DE WAGONS : 93
CLASSIFIER DE : 207289 A 207400

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART	SOLUTION INITIALE SEJOUR UNITE	SOLUTION INITIALE SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART	SOLUTION FINALE SEJOUR UNITE	SOLUTION FINALE SEJOUR TOTAL
30	1	64						
32	3	132						
41	1	59						
110	2	127	444 209050	2859	5718	444 208849	2658	5316
119	1	60	432 207660	1469	1469	432 208021	1830	1830
124	3	154	436 207550	1359	4077	436 207917	1726	5178
129	10	556	444 209050	2859	28590	444 208849	2658	26580
152	6	345	427 209100	2909	17454	427 209100	2909	17454
153	1	44	419 208550	2359	2359	419 208021	1830	1830
155	7	403	419 208550	2359	16513	419 208021	1830	12810
165	1	57	394 210099	3908	3908	394 210099	3908	3908
169	4	229	394 210099	3908	15632	394 210099	3908	15632
174	2	106	548 209214	3023	6046	548 209214	3023	6046
176	1	92	344 210650	4459	4459	344 208548	2357	2357
177	1	94	T082 209611	3420	3420	T082 209611	3420	3420
178	2	114	548 209214	3023	6046	548 209214	3023	6046
179	2	102	344 210650	4459	8918	344 208548	2357	4714
180	8	467	394 210099	3908	31264	394 210099	3908	31264
181	15	891	306 207700	1509	22635	340 208732	2541	38115
182	1	54	426 210099	3908	3908	426 210099	3908	3908
183	6	344	344 210650	4459	26754	344 208548	2357	14142
564	3	280	344 210650	4459	13377	344 208548	2357	7071
656	1	44	427 209100	2909	2909	427 209100	2909	2909
805	2	108	T022 208729	2538	5076	T022 208849	2658	5316
827	1	58	589 209998	3807	3807	589 209998	3807	3807
834	1	56	T091 209250	3059	3059	T091 209250	3059	3059
837	2	100	T091 209250	3059	6118	T091 209250	3059	6118
854	5	278	T002 211850	5659	28295	T004 213050	6859	34295

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 88
SEJOUR DE CES WAGONS: 271811 263125
POUR UNE MOYENNE DE : 3088 2990

TRAIN NUMERO: 428 HEURE D'ARRIVEE : 206233
DISPONIBLE A : 206391
NOMBRE DE WAGONS: 95
CLASSIFIER DE : 206454 A 206567

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART	SOLUTION INITIALE SEJOUR UNITE	SOLUTION INITIALE SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART	SOLUTION FINALE SEJOUR UNITE	SOLUTION FINALE SEJOUR TOTAL
30	1	55						
43	2	102						
103	7	389	436 207550	1317	9219	436 207917	1684	11788
106	15	834	385 207850	1617	24255	385 206967	734	11010
106	4	223	385 207850	1617	6468	385 206967	734	2936
107	3	146	393 207525	1292	3876	393 207347	1114	3342
109	1	45	223 208550	2317	2317	223 208632	2399	2399
110	1	54	444 209050	2817	2817	444 208849	2616	2616
111	1	58	393 207525	1292	1292	393 207347	1114	1114
113	1	44	337 209611	3378	3378	337 209611	3378	3378
116	2	88	397 209350	3117	6234	385 206967	734	1468
119	8	450	432 207660	1427	11416	432 208021	1788	14304
120	9	493	399 208500	2267	20403	385 206967	734	6606
121	4	216	317 209275	3042	12168	317 208139	1906	7624
122	2	88	399 208500	2267	4534	385 206967	734	1468
124	1	71	436 207550	1317	1317	436 207917	1684	1684
125	1	43	337 209611	3378	3378	337 209611	3378	3378
127	1	39	337 209611	3378	3378	337 209611	3378	3378
129	6	334	444 209050	2817	16902	444 208849	2616	15696
165	2	88	394 210099	3866	7732	394 210099	3866	7732
168	2	88	344 210650	4417	8834	344 208548	2315	4630
176	1	44	344 210650	4417	4417	344 208548	2315	2315
179	2	99	344 210650	4417	8834	344 208548	2315	4630
181	3	282	340 209100	2867	8601	306 207161	928	2784
827	1	45	589 209998	3765	3765	589 209998	3765	3765
834	2	88	T091 209250	3017	6034	T091 209250	3017	6034
837	2	109	T091 209250	3017	6034	T091 209250	3017	6034
915	9	482	317 209275	3042	27378	317 208139	1906	17154
917	1	59	317 209275	3042	3042	317 208139	1906	1906

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 92
SEJOUR DE CES WAGONS: 218023 151173
POUR UNE MOYENNE DE : 2369 1643

TRAIN NUMERO: 393 HEURE D'ARRIVEE : 206500
DISPONIBLE A : 206630
NOMBRE DE WAGONS: 78
CLASSIFIER DE : 206761 A 206859

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
102	1	44	223	208550	2050	2050	223	208632	2132	2132
103	3	166	436	207550	1050	3150	436	207917	1417	4251
105	2	118	393	207525	1025	2050	393	207347	847	1694
106	6	397	305	208100	1600	9600	305	207817	1317	7902
107	15	850	393	207525	1025	15375	393	207347	847	12705
107	2	114	393	207525	1025	2050	393	207347	847	1694
111	8	466	393	207525	1025	8200	393	207347	847	6776
112	6	351	393	207525	1025	6150	393	207347	847	5082
120	10	574	399	208500	2000	20000	399	208335	1835	18350
121	3	125	317	209275	2775	8325	317	208139	1639	4917
152	3	160	427	209100	2600	7800	427	209100	2600	7800
164	2	110	344	210650	4150	8300	344	208548	2048	4096
168	3	139	344	210650	4150	12450	344	208548	2048	6144
176	10	570	344	210650	4150	41500	344	208548	2048	20480
182	1	58	426	210099	3599	3599	426	210099	3599	3599
836	2	110	T091	209250	2750	5500	T091	209250	2750	5500
854	1	57	T004	213050	6550	6550	T004	213050	6550	6550

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 78
SEJOUR DE CES WAGONS: 162649 119672
POUR UNE MOYENNE DE : 2085 1534

TRAIN NUMERO: 341 HEURE D'ARRIVEE : 206600
DISPONIBLE A : 206721
NOMBRE DE WAGONS: 73
CLASSIFIER DE : 206947 A 207041

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
35	1	44								
41	2	98								
102	5	235	223	208550	1950	9750	223	208632	2032	10160
103	3	152	436	207550	950	2850	436	207917	1317	3951
106	8	363	305	208100	1500	12000	305	207817	1217	9736
109	3	144	223	208550	1950	5850	223	208632	2032	6096
110	1	58	444	209050	2450	2450	444	208849	2249	2249
116	1	44	397	209350	2750	2750	397	209350	2750	2750
119	15	723	432	207660	1060	15900	432	208021	1421	21315
119	4	194	432	207660	1060	4240	432	208021	1421	5684
122	1	48	399	208500	1900	1900	399	208335	1735	1735
129	9	480	444	209050	2450	22050	444	208849	2249	20241
164	1	55	344	210650	4050	4050	344	208548	1948	1948
177	1	44	T082	209611	3011	3011	T082	209611	3011	3011
481	1	148	340	209100	2500	2500	340	208732	2132	2132
805	1	49	T022	208729	2129	2129	T022	208849	2249	2249
819	1	44	T071	211900	5300	5300	T071	211900	5300	5300
836	2	89	T091	209250	2650	5300	T091	209250	2650	5300
837	3	163	T091	209250	2650	7950	T091	209250	2650	7950
840	1	54	T002	214250	7650	7650	T002	214250	7650	7650
854	7	332	T004	213050	6450	45150	T004	213050	6450	45150
917	2	128	317	209275	2675	5350	317	208139	1539	3078

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 70
SEJOUR DE CES WAGONS: 168130 167685
POUR UNE MOYENNE DE : 2401 2395

TRAIN NUMERO: 318 HEURE D'ARRIVEE : 206775
DISPONIBLE A : 206943
NOMBRE DE WAGONS: 101
CLASSIFIER DE : 207400 A 207517

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	4	176								
35	1	54								
41	6	344								
43	1	45								
102	1	55	223	208550	1775	1775	223	208632	1857	1857
103	4	186	436	207550	775	3100	436	207917	1142	4568
110	3	132	444	209050	2275	6825	444	208849	2074	6222
113	1	57	337	209611	2836	2836	337	209611	2836	2836
119	5	269	432	207660	885	4425	432	208021	1246	6230
124	5	253	436	207550	775	3875	436	207917	1142	5710
129	4	221	444	209050	2275	9100	444	208849	2074	8296
152	3	155	427	209100	2325	6975	427	209100	2325	6975
155	3	171	419	208550	1775	5325	419	208021	1246	3738
168	1	50	344	210650	3875	3875	344	208548	1773	1773
172	1	42	394	210099	3324	3324	394	210099	3324	3324
174	3	133	548	209214	2439	7317	548	209214	2439	7317
177	1	57	T082	209611	2836	2836	T082	209611	2836	2836
178	14	785	548	209214	2439	34146	548	209214	2439	34146
179	5	285	344	210650	3875	19375	344	208548	1773	8865
181	15	807	340	209100	2325	34875	340	208732	1957	29355
181	1	54	340	209100	2325	2325	340	208732	1957	1957
182	2	128	426	210099	3324	6648	426	210099	3324	6648
820	2	110	589	209998	3223	6446	589	209998	3223	6446
836	3	114	T091	209250	2475	7425	T091	209250	2475	7425
837	10	544	T091	209250	2475	24750	T091	209250	2475	24750
902	1	44	317	209275	2500	2500	317	208139	1364	1364
932	1	40	T002	214250	7475	7475	T002	214250	7475	7475

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 89
SEJOUR DE CES WAGONS: 207553 190113
POUR UNE MOYENNE DE : 2332 2136

TRAIN NUMERO: 549 HEURE D'ARRIVEE : 206800
DISPONIBLE A : 206988
NOMBRE DE WAGONS: 113
CLASSIFIER DE : 207041 A 207169

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	1	57								
35	1	55								
41	1	55								
106	15	864	305	208100	1300	19500	305	207817	1017	15255
106	15	864	305	208100	1300	19500	305	207817	1017	15255
106	13	750	305	208100	1300	16900	305	207817	1017	13221
107	1	72	393	207525	725	725	393	209925	3125	3125
109	2	89	223	208550	1750	3500	223	208632	1832	3664
112	3	183	393	207525	725	2175	393	209925	3125	9375
113	2	88	337	209611	2811	5622	337	209611	2811	5622
119	2	116	432	207660	860	1720	432	208021	1221	2442
120	7	399	399	208500	1700	11900	399	208335	1535	10745
122	1	58	399	208500	1700	1700	399	208335	1535	1535
124	1	44	436	207550	750	750	436	207917	1117	1117
127	1	46	337	209611	2811	2811	337	209611	2811	2811
129	4	196	444	209050	2250	9000	444	208849	2049	8196
155	1	76	419	208550	1750	1750	419	208021	1221	1221
175	1	40	548	209214	2414	2414	548	209214	2414	2414
177	5	385	T082	209611	2811	14055	T082	209611	2811	14055
179	1	42	344	210650	3850	3850	344	208548	1748	1748
182	1	94	426	210099	3299	3299	426	210099	3299	3299
763	1	44	344	210650	3850	3850	344	208548	1748	1748
837	1	66	T091	209250	2450	2450	T091	209250	2450	2450
840	2	98	T002	214250	7450	14900	T002	214250	7450	14900
854	11	742	T004	213050	6250	68750	T004	213050	6250	68750
902	12	684	317	209275	2475	29700	317	208139	1339	16068
913	1	58	317	209275	2475	2475	317	208139	1339	1339
915	1	44	317	209275	2475	2475	317	208139	1339	1339
917	5	286	317	209275	2475	12375	317	208139	1339	6695

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 110
SEJOUR DE CES WAGONS: 258146 228389
POUR UNE MOYENNE DE : 2346 2076

TRAIN NUMERO 398 HEURE D'ARRIVEE : 206891
DISPONIBLE A : 207032
NOMBRE DE WAGONS : 85
CLASSIFIER DE : 207935 A 208039

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
32	3	132								
121	2	95	317	209275	2384	4768	317	211675	4784	9568
129	5	246	444	209050	2159	10795	444	208849	1958	9790
152	4	207	427	209100	2209	8836	427	209100	2209	8836
155	1	76	419	208550	1659	1659	419	210950	4059	4059
165	3	160	394	210099	3208	9624	394	210099	3208	9624
168	3	168	344	210650	3759	11277	344	208548	1657	4971
174	1	61	548	209214	2323	2323	548	209214	2323	2323
176	3	206	344	210650	3759	11277	344	208548	1657	4971
177	3	145	T082	209611	2720	8160	T082	209611	2720	8160
178	7	399	548	209214	2323	16261	548	209214	2323	16261
180	1	58	394	210099	3208	3208	394	210099	3208	3208
182	1	55	426	210099	3208	3208	426	210099	3208	3208
183	5	272	344	210650	3759	18795	344	208548	1657	8285
564	10	932	344	210650	3759	37590	344	208548	1657	16570
807	5	285	T048	212800	5909	29545	T048	212800	5909	29545
819	1	55	T071	211900	5009	5009	T071	211900	5009	5009
834	2	88	T091	209250	2359	4718	T091	209250	2359	4718
837	4	222	T091	209250	2359	9436	T091	209250	2359	9436
840	2	140	T002	214250	7359	14718	T002	214250	7359	14718
854	15	845	T004	213050	6159	92385	T004	213050	6159	92385
854	2	113	T004	213050	6159	12318	T004	213050	6159	12318
932	1	44	T002	214250	7359	7359	T002	214250	7359	7359
935	1	44	T002	214250	7359	7359	T002	214250	7359	7359

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 82
SEJOUR DE CES WAGONS: 330628 292681
POUR UNE MOYENNE DE : 4032 3569

TRAIN NUMERO: 345 HEURE D'ARRIVEE : 206941
DISPONIBLE A : 207114
NOMBRE DE WAGONS: 104
CLASSIFIER DE : 207169 A 207289

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
43	1	44								
103	13	667	436	207550	609	7917	436	207917	976	12688
106	15	792	305	208100	1159	17385	305	207817	876	13140
106	8	423	305	208100	1159	9272	305	207817	876	7008
107	6	397	393	209925	2984	17904	393	209925	2984	17904
110	3	132	444	209050	2109	6327	444	208849	1908	5724
111	12	674	393	209925	2984	35808	393	209925	2984	35808
116	3	132	397	209350	2409	7227	397	209350	2409	7227
119	1	59	432	207660	719	719	432	208021	1080	1080
122	5	220	399	208500	1559	7795	399	208335	1394	6970
125	1	36	337	209611	2670	2670	337	209611	2670	2670
127	2	95	337	209611	2670	5340	337	209611	2670	5340
129	2	116	444	209050	2109	4218	444	208849	1908	3816
172	2	110	394	210099	3158	6316	394	210099	3158	6316
819	2	88	T071	211900	4959	9918	T071	211900	4959	9918
834	1	44	T091	209250	2309	2309	T091	209250	2309	2309
836	5	232	T091	209250	2309	11545	T091	209250	2309	11545
837	5	220	T091	209250	2309	11545	T091	209250	2309	11545
840	1	55	T002	214250	7309	7309	T002	214250	7309	7309
902	12	682	317	209275	2334	28008	317	208139	1198	14376
913	1	59	317	209275	2334	2334	317	208139	1198	1198
915	2	88	317	209275	2334	4668	317	208139	1198	2396
938	1	55	427	209100	2159	2159	427	209100	2159	2159

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 103
SEJOUR DE CES WAGONS: 208693 188446
POUR UNE MOYENNE DE : 2026 1829

TRAIN NUMERO: 390 HEURE D'ARRIVEE : 207000
DISPONIBLE A : 207151
NOMBRE DE WAGONS: 91
CLASSIFIER DE : 206039 A 208149

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
32	1	44								
41	2	116								
110	4	225	444	209050	2050	8200	444	208849	1849	7396
119	1	58	432	207660	660	660	432	209850	2850	2850
124	1	54	436	212350	5350	5350	436	212350	5350	5350
129	7	411	444	209050	2050	14350	444	208849	1849	12943
152	6	344	427	209100	2100	12600	427	209100	2100	12600
155	1	58	419	208550	1550	1550	419	210950	3950	3950
157	1	41	427	209100	2100	2100	427	209100	2100	2100
164	1	66	344	213050	6050	6050	344	208548	1548	1548
168	1	44	344	213050	6050	6050	344	208548	1548	1548
171	1	68	548	209214	2214	2214	548	209214	2214	2214
175	6	355	548	209214	2214	13284	548	209214	2214	13284
176	5	382	344	213050	6050	30250	344	208548	1548	7740
177	4	325	T082	209611	2611	10444	T082	209611	2611	10444
179	5	301	344	213050	6050	30250	344	208548	1548	7740
180	6	327	394	210099	3099	18594	394	210099	3099	18594
181	8	439	340	209100	2100	16800	340	208732	1732	13856
182	1	58	426	210099	3099	3099	426	210099	3099	3099
564	5	464	344	213050	6050	30250	344	208548	1548	7740
756	1	44	427	209100	2100	2100	427	209100	2100	2100
819	1	42	T071	211900	4900	4900	T071	211900	4900	4900
827	1	55	589	209998	2998	2998	589	209998	2998	2998
834	5	313	T091	209250	2250	11250	T091	209250	2250	11250
837	7	362	T091	209250	2250	15750	T091	209250	2250	15750
854	3	167	T004	213050	6050	18150	T004	213050	6050	18150
935	6	328	T002	214250	7250	43500	T002	214250	7250	43500

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 88
SEJOUR DE CES WAGONS: 310743 233644
POUR UNE MOYENNE DE : 3531 2655

TRAIN NUMERO: T090 HEURE D'ARRIVEE : 207200
DISPONIBLE A : 207293
NOMBRE DE WAGONS: 56
CLASSIFIER DE : 207739 A 207819

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	2	114								
35	5	254								
41	1	55								
102	4	176	223	208550	1350	5400	223	208632	1432	5728
105	1	66	393	209925	2725	2725	393	209925	2725	2725
106	8	453	305	208100	900	7200	399	208335	1135	9080
107	2	79	393	209925	2725	5450	393	209925	2725	5450
109	10	525	223	208550	1350	13500	223	208632	1432	14320
110	3	163	444	209050	1850	5550	444	208849	1649	4947
112	1	58	393	209925	2725	2725	393	209925	2725	2725
124	1	55	436	212350	5150	5150	436	212350	5150	5150
129	1	52	444	209050	1850	1850	444	208849	1649	1649
152	2	100	427	209100	1900	3800	427	209100	1900	3800
153	3	133	419	208550	1350	4050	419	210950	3750	11250
158	1	44	419	208550	1350	1350	419	210950	3750	3750
174	1	46	548	209214	2014	2014	548	209214	2014	2014
176	1	44	344	213050	5850	5850	344	208548	1348	1348
181	8	404	340	209100	1900	15200	340	208732	1532	12256
938	1	56	427	209100	1900	1900	427	209100	1900	1900

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 48
SEJOUR DE CES WAGONS: 83714 88092
POUR UNE MOYENNE DE : 1744 1835

TRAIN NUMERO 425 HEURE D'ARRIVEE : 207225
DISPONIBLE A : 207366
NOMBRE DE WAGONS: 85
CLASSIFIER DE : 207517 A 207621

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	SOLUTION INITIALE DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	SOLUTION FINALE DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	2	130								
41	3	132								
43	4	234								
102	5	280	223	208550	1325	6625	223	208632	1407	7035
103	1	55	436	212350	5125	5125	436	212350	5125	5125
106	11	598	305	208100	875	9625	399	208335	1110	12210
107	9	516	393	209925	2700	24300	393	209925	2700	24300
109	3	143	223	208550	1325	3975	223	208632	1407	4221
111	4	225	393	209925	2700	10800	393	209925	2700	10800
113	1	66	337	209611	2386	2386	337	209611	2386	2386
116	1	54	397	209350	2125	2125	397	209350	2125	2125
119	12	637	432	207660	435	5220	432	208021	796	9552
120	5	273	399	208500	1275	6375	399	208335	1110	5550
121	1	49	317	209275	2050	2050	317	208139	914	914
127	1	50	337	209611	2386	2386	337	209611	2386	2386
128	4	187	337	209611	2386	9544	337	209611	2386	9544
129	4	204	444	209050	1825	7300	444	208849	1624	6496
153	1	44	419	208550	1325	1325	419	208021	796	796
155	8	465	419	208550	1325	10600	419	208021	796	6368
182	1	44	426	210099	2874	2874	426	210099	2874	2874
819	4	176	T071	211900	4675	18700	T071	211900	4675	18700

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 76
SEJOUR DE CES WAGONS: 131335 131382
POUR UNE MOYENNE DE : 1728 1728

TRAIN NUMERO: 811 HEURE D'ARRIVEE : 207250
DISPONIBLE A : 207420
NOMBRE DE WAGONS: 102
CLASSIFIER DE : 207621 A 207739

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	SOLUTION INITIALE DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	SOLUTION FINALE DEPART	SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	4	258								
35	1	44								
41	4	250								
43	1	40								
102	2	118	223	208550	1300	2600	223	208632	1382	2764
103	1	44	436	212350	5100	5100	436	212350	5100	5100
106	15	908	305	208100	850	12750	399	208335	1085	16275
106	15	908	305	208100	850	12750	399	208335	1085	16275
106	3	182	305	208100	850	2550	399	208335	1085	3255
107	4	225	393	209925	2675	10700	393	209925	2675	10700
109	4	200	223	208550	1300	5200	223	208632	1382	5528
110	1	57	444	209050	1800	1800	444	208849	1599	1599
113	1	46	337	209611	2361	2361	337	209611	2361	2361
116	1	51	397	209350	2100	2100	397	209350	2100	2100
119	6	297	432	209850	2600	15600	432	209850	2600	15600
120	2	88	399	208500	1250	2500	399	208335	1085	2170
127	3	156	337	209611	2361	7083	337	209611	2361	7083
129	7	341	444	209050	1800	12600	444	208849	1599	11193
152	1	44	427	209100	1850	1850	427	209100	1850	1850
155	1	44	419	208550	1300	1300	419	210950	3700	3700
170	2	92	340	209100	1850	3700	340	208732	1482	2964
180	3	144	394	210099	2849	8547	394	210099	2849	8547
221	2	122	337	209611	2361	4722	337	209611	2361	4722
656	1	76	427	209100	1850	1850	427	209100	1850	1850
722	2	186	399	208500	1250	2500	399	208335	1085	2170
836	1	57	T091	209250	2000	2000	T091	209250	2000	2000
854	6	342	T004	213050	5800	34800	T004	213050	5800	34800
902	3	171	317	209275	2025	6075	317	208139	889	2667
917	1	44	317	209275	2025	2025	317	208139	889	889
938	4	180	427	209100	1850	7400	427	209100	1850	7400

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 92
SEJOUR DE CES WAGONS: 172463 175562
POUR UNE MOYENNE DE : 1874 1908

TRAIN NUMERO: 435 HEURE D'ARRIVEE : 207600
DISPONIBLE A : 207660
NOMBRE DE WAGONS: 48
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
32	9	396								
41	11	585								
105	1	55	393	209925	2325	2325	393	209925	2325	2325
106	1	60	399	208500	900	900	397	209350	1750	1750
129	2	116	444	209050	1450	2900	444	211450	3850	7700
152	13	698	427	209100	1500	19500	427	209100	1500	19500
157	11	641	427	209100	1500	16500	427	209100	1500	16500

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 28
SEJOUR DE CES WAGONS: 42125 47775
POUR UNE MOYENNE DE : 1504 1706

TRAIN NUMERO: 420 HEURE D'ARRIVEE : 207591
DISPONIBLE A : 207756
NOMBRE DE WAGONS: 99
CLASSIFIER DE : 207819 A 207935

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
30	1	58								
35	2	88								
106	15	853	399	208500	909	13635	399	208335	744	11160
106	14	798	399	208500	909	12726	399	208335	744	10416
107	2	102	393	209925	2334	4668	393	209925	2334	4668
110	3	193	444	209050	1459	4377	444	208849	1258	3774
111	3	153	393	209925	2334	7002	393	209925	2334	7002
112	2	104	393	209925	2334	4668	393	209925	2334	4668
113	3	146	337	209611	2020	6060	337	209611	2020	6060
116	3	158	397	209350	1759	5277	397	209350	1759	5277
119	1	58	432	209850	2259	2259	432	209850	2259	2259
120	12	719	399	208500	909	10908	397	209350	1759	21108
125	1	57	337	209611	2020	2020	337	209611	2020	2020
129	2	116	444	209050	1459	2918	444	208849	1258	2516
172	1	54	394	210099	2508	2508	394	210099	2508	2508
177	3	229	T082	209611	2020	6060	T082	209611	2020	6060
179	3	171	344	213050	5459	16377	344	208548	957	2871
181	3	175	340	209100	1509	4527	340	208732	1141	3423
182	11	599	426	210099	2508	27588	426	210099	2508	27588
715	1	44	436	212350	4759	4759	436	212350	4759	4759
834	1	45	T091	209250	1659	1659	T091	209250	1659	1659
837	11	560	T091	209250	1659	18249	T091	209250	1659	18249
902	1	57	317	209275	1684	1684	317	211675	4084	4084

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 96
SEJOUR DE CES WAGONS: 159929 152129
POUR UNE MOYENNE DE : 1665 1584

TRAIN NUMERO: TC01 HEURE D'ARRIVEE : 205000
DISPONIBLE A : 206090
NOMBRE DE WAGONS: 54
CLASSIFIER DE : 208149 A 208226

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
35	2	102								
41	2	84								
43	1	44								
102	14	770	223	208550	550	7700	223	208632	632	8848
106	12	657	397	209350	1350	16200	397	209350	1350	16200
109	6	336	301	209676	1676	10056	223	208632	632	3792
119	5	220	432	209850	1850	9250	432	209850	1850	9250
155	1	55	419	210950	2950	2950	419	210950	2950	2950
177	1	55	T084	209676	1676	1676	T082	209611	1611	1611
181	6	284	340	209100	1100	6600	340	208732	732	4392
827	1	81	589	209998	1998	1998	589	209998	1998	1998
840	2	88	T002	214250	6250	12500	T002	214250	6250	12500
854	1	62	T004	213050	5050	5050	T004	213050	5050	5050

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 49
SEJOUR DE CES WAGONS: 73980 66591
POUR UNE MOYENNE DE : 1509 1359

TRAIN NUMERO: 308 HEURE D'ARRIVEE : 208016
DISPONIBLE A : 208161
NOMBRE DE WAGONS: 87
CLASSIFIER DE : 208226 A 208332

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
30	6	362								
35	1	44								
43	1	44								
103	5	220	436	212350	4334	21670	436	212350	4334	21670
119	1	44	432	209850	1834	1834	432	209850	1834	1834
121	2	98	317	209275	1259	2518	317	211675	3659	7318
152	1	51	427	209100	1084	1084	427	209100	1084	1084
153	2	97	419	210950	2934	5868	419	210950	2934	5868
164	5	225	344	213050	5034	25170	344	213050	5034	25170
168	1	45	344	213050	5034	5034	344	213050	5034	5034
171	1	58	548	209214	1198	1198	548	209214	1198	1198
177	1	57	T082	209611	1595	1595	T082	209611	1595	1595
179	1	44	344	213050	5034	5034	344	213050	5034	5034
180	3	144	394	210099	2083	6249	394	210099	2083	6249
181	15	720	340	209100	1084	16260	340	208732	716	10740
181	15	720	340	209100	1084	16260	340	208732	716	10740
183	5	244	344	213050	5034	25170	344	213050	5034	25170
656	2	86	427	209100	1084	2168	427	209100	1084	2168
763	2	88	344	213050	5034	10068	344	213050	5034	10068
807	2	119	T048	212800	4784	9568	T048	212800	4784	9568
819	2	104	T071	211900	3884	7768	T071	211900	3884	7768
834	3	164	T091	209250	1234	3702	T091	209250	1234	3702
837	7	334	T091	209250	1234	8638	T091	209250	1234	8638
854	1	44	T004	213050	5034	5034	T004	213050	5034	5034
932	1	56	T002	214250	6234	6234	T002	214250	6234	6234
935	1	44	T002	214250	6234	6234	T002	214250	6234	6234

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 79
SEJOUR DE CES WAGONS: 194358 188118
POUR UNE MOYENNE DE : 2460 2381

TRAIN NUMERO: 302 HEURE D'ARRIVEE : 208108
DISPONIBLE A : 208233
NOMBRE DE WAGONS: 75
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
35	1	45								
41	2	97								
43	1	44								
119	2	88	432	209850	1742	3484	432	209850	1742	3484
129	3	132	444	209050	942	2826	444	211450	3342	10026
155	2	119	419	210950	2842	5684	419	210950	2842	5684
158	6	342	419	210950	2842	17052	419	210950	2842	17052
164	7	310	344	213050	4942	34594	344	213050	4942	34594
168	1	44	344	213050	4942	4942	344	213050	4942	4942
170	1	44	340	209100	992	992	306	210100	1992	1992
171	2	118	548	209214	1106	2212	548	209214	1106	2212
173	1	44	340	209100	992	992	306	210100	1992	1992
179	2	118	344	213050	4942	9884	344	213050	4942	9884
181	14	766	340	209100	992	13888	306	210100	1992	27888
182	3	199	426	210099	1991	5973	426	210099	1991	5973
183	3	157	344	213050	4942	14826	344	213050	4942	14826
763	1	54	344	213050	4942	4942	344	213050	4942	4942
805	2	88	T022	208729	621	1242	T022	210000	1892	3784
827	1	44	589	209998	1890	1890	589	209998	1890	1890
834	3	144	T091	209250	1142	3426	T091	209250	1142	3426
836	2	99	T091	209250	1142	2284	T091	209250	1142	2264
837	7	300	T091	209250	1142	7994	T091	209250	1142	7994
854	8	382	T004	213050	4942	39536	T004	213050	4942	39536

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 71
SEJOUR DE CES WAGONS: 178663 204405
POUR UNE MOYENNE DE : 2516 2878

TRAIN NUMERO: 428 HEURE D'ARRIVEE : 208138
DISPONIBLE A : 208304
NOMBRE DE WAGONS: 100
CLASSIFIER DE : 208332 A 208449

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
30	4	203								
35	1	57								
43	3	143								
102	4	206	301	209676	1538	6152	337	209611	1473	5892
103	6	337	436	212350	4212	25272	436	212350	4212	25272
105	1	58	393	209925	1787	1787	393	209925	1787	1787
106	15	724	397	209350	1212	18180	397	209350	1212	18180
106	11	531	397	209350	1212	13332	397	209350	1212	13332
107	4	219	393	209925	1787	7148	393	209925	1787	7148
109	2	97	301	209676	1538	3076	301	209676	1538	3076
110	3	160	444	209050	912	2736	444	208849	711	2133
111	1	58	393	209925	1787	1787	393	209925	1787	1787
116	3	160	397	209350	1212	3636	397	209350	1212	3636
119	3	172	432	209850	1712	5136	432	209850	1712	5136
120	4	187	397	209350	1212	4848	397	209350	1212	4848
127	1	42	337	209611	1473	1473	337	209611	1473	1473
129	7	407	444	209050	912	6384	444	208849	711	4977
165	2	88	394	210099	1961	3922	394	210099	1961	3922
168	1	36	344	213050	4912	4912	344	213050	4912	4912
174	1	40	548	209214	1076	1076	548	209214	1076	1076
177	1	44	T084	209676	1538	1538	T082	209611	1473	1473
178	1	49	548	209214	1076	1076	548	209214	1076	1076
181	4	176	340	209100	962	3848	306	210100	1962	7848
183	1	44	344	213050	4912	4912	344	213050	4912	4912
820	2	102	589	209998	1860	3720	589	209998	1860	3720
827	5	224	589	209998	1860	9300	589	209998	1860	9300
834	3	132	T091	209250	1112	3336	T091	209250	1112	3336
837	4	227	T091	209250	1112	4448	T091	209250	1112	4448
902	1	42	317	209275	1137	1137	317	211675	3537	3537
917	1	44	317	209275	1137	1137	317	211675	3537	3537

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 92
SEJOUR DE CES WAGONS: 145309 151774
POUR UNE MOYENNE DE : 1579 1649

TRAIN NUMERO: 811 HEURE D'ARRIVEE : 208208
DISPONIBLE A : 208369
NOMBRE DE WAGONS: 97
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
30	3	174								
35	4	190								
43	1	58								
102	15	758	301	209676	1468	22020	301	209676	1468	22020
102	9	455	301	209676	1468	13212	301	209676	1468	13212
103	1	58	436	212350	4142	4142	436	212350	4142	4142
106	14	796	397	209350	1142	15988	397	209350	1142	15988
107	1	58	393	209925	1717	1717	393	209925	1717	1717
109	8	440	301	209676	1468	11744	301	209676	1468	11744
111	1	44	393	209925	1717	1717	393	209925	1717	1717
112	4	250	393	209925	1717	6868	393	209925	1717	6868
119	5	288	432	209850	1642	8210	432	209850	1642	8210
120	1	58	397	209350	1142	1142	397	209350	1142	1142
127	7	318	337	209611	1403	9821	337	209611	1403	9821
128	1	45	337	209611	1403	1403	337	209611	1403	1403
129	15	857	444	211450	3242	48630	444	211450	3242	48630
129	2	115	444	211450	3242	6484	444	211450	3242	6484
162	1	66	426	210099	1891	1891	426	210099	1891	1891
722	1	94	397	209350	1142	1142	397	209350	1142	1142
834	2	114	T091	209250	1042	2084	T091	209250	1042	2084
917	1	55	317	209275	1067	1067	317	211675	3467	3467

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 89
SEJOUR DE CES WAGONS: 159282 161682
POUR UNE MOYENNE DE : 1789 1816

TRAIN NUMERO: 392 HEURE D'ARRIVEE : 208266
DISPONIBLE A : 208412
NOMBRE DE WAGONS: 88
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN	DEPART	SEJOUR UNITE	TOTAL
35	3	171								
41	4	231								
110	2	103	444	211450	3184	6368	444	211450	3184	6368
119	1	54	432	209850	1584	1584	432	209850	1584	1584
124	1	58	436	212350	4084	4084	436	212350	4084	4084
129	7	443	444	211450	3184	22288	444	211450	3184	22288
152	1	49	427	209100	834	834	427	209100	834	834
155	2	116	419	210950	2684	5368	419	210950	2684	5368
164	4	224	344	213050	4784	19136	344	213050	4784	19136
165	1	64	394	210099	1833	1833	394	210099	1833	1833
172	1	55	394	210099	1833	1833	394	210099	1833	1833
177	3	245	T082	209611	1345	4035	T082	209611	1345	4035
179	2	93	344	213050	4784	9568	344	213050	4784	9568
180	9	519	394	210099	1833	16497	394	210099	1833	16497
181	15	822	306	210100	1834	27510	306	210100	1834	27510
183	4	230	344	213050	4784	19136	344	213050	4784	19136
715	5	298	436	212350	4084	20420	436	212350	4084	20420
807	1	58	T048	212800	4534	4534	T048	212800	4534	4534
819	1	58	T071	211900	3634	3634	T071	211900	3634	3634
820	2	116	589	209998	1732	3464	589	209998	1732	3464
836	2	128	T091	211650	3384	6768	T091	209250	984	1968
854	7	345	T004	213050	4784	33488	T004	213050	4784	33488
860	1	60	T067	213400	5134	5134	T067	213400	5134	5134
932	1	66	T002	214250	5984	5984	T002	214250	5984	5984
938	8	472	427	209100	834	6672	427	209100	834	6672

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 81
SEJOUR DE CES WAGONS: 230172 225372
POUR UNE MOYENNE DE : 2841 2782

TRAIN NUMERO: 396 HEURE D'ARRIVEE : 208541
DISPONIBLE A : 208701
NOMBRE DE WAGONS: 96
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
35	1	58								
41	1	53								
103	1	40	436	212350	3809	3809	436	212350	3809	3809
110	1	58	444	211450	2909	2909	444	211450	2909	2909
124	2	110	436	212350	3809	7618	436	212350	3809	7618
129	4	265	444	211450	2909	11636	444	211450	2909	11636
152	3	188	427	209100	559	1677	427	209100	559	1677
155	7	480	419	210950	2409	16863	419	210950	2409	16863
156	1	58	427	213900	5359	5359	427	213900	5359	5359
158	1	57	419	210950	2409	2409	419	210950	2409	2409
168	6	333	344	213050	4509	27054	344	213050	4509	27054
170	2	142	306	210100	1559	3118	306	210100	1559	3118
173	1	44	306	210100	1559	1559	306	210100	1559	1559
175	2	80	548	209214	673	1346	548	209214	673	1346
177	1	44	T086	210099	1558	1558	T086	210099	1558	1558
178	10	570	548	209214	673	6730	548	209214	673	6730
179	2	93	344	213050	4509	9018	344	213050	4509	9018
180	2	116	394	210099	1558	3116	394	210099	1558	3116
183	10	474	344	213050	4509	45090	344	213050	4509	45090
564	1	92	344	213050	4509	4509	344	213050	4509	4509
819	4	191	T071	211900	3359	13436	T071	211900	3359	13436
820	8	373	589	209998	1457	11656	589	209998	1457	11656
828	1	44	T066	213550	5009	5009	T066	213550	5009	5009
834	1	68	T091	211650	3109	3109	T091	211650	3109	3109
836	4	215	T091	211650	3109	12436	T091	211650	3109	12436
837	5	252	T091	211650	3109	15545	T091	211650	3109	15545
854	8	463	T004	213050	4509	36072	T004	213050	4509	36072
935	2	118	T002	214250	5709	11418	T002	214250	5709	11418
938	4	204	427	213900	5359	21436	427	213900	5359	21436

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 94
SEJOUR DE CES WAGONS: 285495 285495
POUR UNE MOYENNE DE : 3037 3037

TRAIN NUMERO: 214 HEURE D'ARRIVEE : 208683
DISPONIBLE A : 208819
NOMBRE DE WAGONS: 82
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	WAGONS LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	SEJOUR TOTAL
30	1	61								
41	1	55								
170	1	44	306	210100	1417	1417	306	210100	1417	1417
181	5	248	306	210100	1417	7085	306	210100	1417	7085
182	1	44	426	210099	1416	1416	426	210099	1416	1416
381	8	671	306	210100	1417	11336	306	210100	1417	11336
481	2	116	306	210100	1417	2834	306	210100	1417	2834
581	5	468	306	210100	1417	7085	306	210100	1417	7085
805	15	1189	T022	208729	46	690	T022	210000	1317	19755
805	12	952	T022	208729	46	552	T022	210000	1317	15804
820	1	58	589	209998	1315	1315	589	209998	1315	1315
834	2	110	T091	211650	2967	5934	T091	211650	2967	5934
836	3	165	T091	211650	2967	8901	T091	211650	2967	8901
837	15	660	T091	211650	2967	44505	T091	211650	2967	44505
837	1	44	T091	211650	2967	2967	T091	211650	2967	2967
854	8	547	T004	213050	4367	34936	T004	213050	4367	34936
938	1	44	427	213900	5217	5217	427	213900	5217	5217

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 80
SEJOUR DE CES WAGONS: 136190 170507
POUR UNE MOYENNE DE : 1702 2131

TRAIN NUMERO: 393 HEURE D'ARRIVEE : 208725
DISPONIBLE A : 208840
NOMBRE DE WAGONS: 69
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
32	2	88								
35	1	56								
41	1	55								
102	2	100	301	209676	951	1902	301	209676	951	1902
105	2	110	393	209925	1200	2400	393	209925	1200	2400
106	6	379	397	209350	625	3750	397	209350	625	3750
107	11	623	393	209925	1200	13200	393	209925	1200	13200
110	1	58	444	211450	2725	2725	444	211450	2725	2725
111	1	60	393	209925	1200	1200	393	209925	1200	1200
112	6	348	393	209925	1200	7200	393	209925	1200	7200
120	12	696	397	209350	625	7500	397	209350	625	7500
121	1	49	317	211675	2950	2950	317	211675	2950	2950
152	1	58	427	213900	5175	5175	427	213900	5175	5175
155	15	836	419	210950	2225	33375	419	210950	2225	33375
182	4	224	419	210950	2225	8900	419	210950	2225	8900
836	1	58	394	210099	1374	1374	394	210099	1374	1374
	2	111	T091	211650	2925	5850	T091	211650	2925	5850

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 65
SEJOUR DE CES WAGONS: 97501
POUR UNE MOYENNE DE : 1500 97501 1500

TRAIN NUMERO: 341 HEURE D'ARRIVEE : 208766
DISPONIBLE A : 208886
NOMBRE DE WAGONS: 72
NON CLASSIFIER

TAG	WAGONS NBRE	LONG	SOLUTION INITIALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL	SOLUTION FINALE TRAIN DEPART		SEJOUR UNITE	TOTAL
30	6	299								
43	2	88								
102	6	279								
103	4	202	301	209676	910	5460	301	209676	910	5460
106	13	709	436	212350	3584	14336	436	212350	3584	14336
109	11	704	385	210250	1484	19292	385	210250	1484	19292
113	1	55	301	209676	910	10010	301	209676	910	10010
119	7	350	337	209611	845	845	337	209611	845	845
127	2	90	432	209850	1084	7588	432	209850	1084	7588
128	1	55	337	209611	845	1690	337	209611	845	1690
129	3	132	337	209611	845	845	337	209611	845	845
172	1	44	444	211450	2684	8052	444	211450	2684	8052
221	1	55	394	210099	1333	1333	394	210099	1333	1333
715	1	56	337	209611	845	845	337	209611	845	845
827	1	44	436	212350	3584	3584	436	212350	3584	3584
834	2	89	589	209998	1232	1232	589	209998	1232	1232
854	3	171	T091	211650	2884	5768	T091	211650	2884	5768
902	3	156	T004	213050	4284	12852	T004	213050	4284	12852
915	1	55	317	211675	2909	8727	317	211675	2909	8727
917	2	100	317	211675	2909	2909	317	211675	2909	2909
932	1	55	317	211675	2909	5818	317	211675	2909	5818
			T002	214250	5484	5484	T002	214250	5484	5484

NOMBRE DE WAGONS A TRAITER: 64
SEJOUR DE CES WAGONS: 116670
POUR UNE MOYENNE DE : 1822 116670 1822

ETAT DU FAISCEAU DE CLASSIFICATION

	AU DEBUT			A LA FIN		
TAG	TRAIN	DEPART	WAGONS	TRAIN	DEPART	WAGONS
76	344	208250	1		0	0
102	337	207000	35	337	209611	4
103	436	207550	28	436	212350	13
105	393	207525	5	393	209925	2
106	385	207850	42	397	209350	38
107	393	207525	27	393	209925	28
109	223	208550	24	301	209676	2
110	444	206650	28		0	0
111	393	207525	8	393	209925	20
112	393	207525	9	393	209925	6
113	337	207000	16	337	209611	9
116	385	207850	2	397	209350	12
119	432	207660	30	432	209850	17
120	385	207850	3	397	209350	16
121		0	0	317	211675	4
122	385	207850	3		0	0
124	436	207550	3	436	212350	2
125	337	207000	5	337	209611	3
127	337	207000	11	337	209611	10
128	337	207000	5	337	209611	5
129	444	206650	57		0	0
152	427	206700	35	427	209100	34
153	419	208550	15	419	210950	5
155	419	208550	24	419	210950	4
156	427	206700	1	427	209100	1
157	427	206700	14	427	209100	6
158	419	208550	1	419	210950	1
164	344	208250	17	344	213050	5
165	394	206750	7	394	210099	11
168	344	208250	3	344	213050	2
169	394	206750	4	394	210099	5
171	548	209214	1	548	209214	7
172	394	206750	6	394	210099	4
174	548	209214	4	548	209214	12
175	548	209214	5	548	209214	15
176	344	208250	15		0	0
177	T082	209611	10	T082	209611	46
178	548	209214	5	548	209214	37
179	344	208250	9	344	213050	1
180	394	206750	18	394	210099	23
181	306	207700	20	306	210100	4
182	394	206750	56	394	210099	5
182		0	0	426	210099	27
183	344	208250	13	344	213050	6
221	337	207000	4	337	209611	2
564	344	208250	6		0	0
656	427	206700	14	427	209100	6
706	385	207850	6		0	0
715	436	207550	6	436	212350	1
756	427	206700	1	427	209100	3
763		0	0	344	213050	2
805	T022	208729	43	T022	208849	51
807	T048	212800	8	T048	212800	16
814	T062	211850	7	T062	211850	8
819	T071	211900	32	T071	211900	44
820	589	209998	5	589	209998	28
827	589	209998	5	589	209998	16
828	T066	213550	1	T066	213550	1
834	T091	206850	27	T091	209250	21
836	T091	206850	15	T091	209250	16
837	T091	206850	24	T091	209250	58
840	T002	211850	11	T002	214250	8
854	T002	211850	24	T004	213050	52
888	T004	213050	3	T004	213050	3
902	317	209275	6	317	211675	2
915	317	209275	1		0	0
917	317	209275	4	317	211675	1
932	T002	211850	8	T002	214250	3
935	T002	211850	15	T002	214250	8
938	427	206700	17	427	209100	10
940	T002	211850	4		0	0
TOTAL			922			812

PERIODE DE TRAVAIL DE 206000 A 208449

SEQUENCE DE CLASSIFICATION

RANG	TRAIN	ARRIVEE	CLASSIFIER A
1	396	205733	206000
2	318	205950	206085
3	308	205616	206169
4	T092	205841	206276
5	T003	206200	206362
6	428	206233	206454
7	B396	205991	206567
8	214	206108	206684
9	393	206500	206761
10	447	205658	206859
11	341	206600	206947
12	549	206800	207041
13	345	206941	207169
14	392	206191	207289
15	318	206775	207400
16	425	207225	207517
17	B11	207250	207621
18	T090	207200	207739
19	420	207591	207819
20	398	206891	207935
21	390	207000	208039
22	T001	208000	208148
23	308	208016	208226
24	428	208138	208332

	WAGONS EN GARE ET TRAINS	WAGONS SUR TRAINS SEULEMENT
COUT TOTAL	6194249	4654487
COUT MOYEN	1655	1936

NOMBRE TOTAL D'ITERATION: 25
NOMBRE TOTAL DE BRANCHES ETUDIEES: 400
TEMPS D'EXECUTION: 78.8260

TRAIN	DEPART	MODIFICATIONS A L'HORAIRE		AUTORISER	WAGONS
T002	207161	AVANCE DE	4689	OUI	103
T002	214250		0	NON	19
T004	213050		0	NON	55
T022	208849	RETARDE DE	120	NON	51
T048	212800		0	NON	16
T062	211850		0	NON	8
T066	213550		0	NON	1
T071	211900		0	NON	44
T082	209611		0	NON	46
T091	206754	AVANCE DE	96	OUI	92
T091	209250		0	NON	95
223	208632	RETARDE DE	82	OUI	94
301	209676		0	NON	2
305	207817	AVANCE DE	283	OUI	88
306	207161	AVANCE DE	539	OUI	102
306	210100		0	NON	4
317	208139	AVANCE DE	1136	OUI	81
317	211675		0	NON	7
337	206854	AVANCE DE	146	OUI	99
337	209611		0	NON	33
340	208732	AVANCE DE	368	OUI	89
344	206676	AVANCE DE	1574	OUI	115
344	208548	AVANCE DE	2102	OUI	109
344	213050		0	NON	16
385	206967	AVANCE DE	883	OUI	109
393	207347	AVANCE DE	178	OUI	98
393	209925		0	NON	56
394	206569	AVANCE DE	181	OUI	105
394	210099		0	NON	48
397	209350		0	NON	66
399	208335	AVANCE DE	165	OUI	115
419	208021	AVANCE DE	529	OUI	84
419	210950		0	NON	10
426	210099		0	NON	27
427	206569	AVANCE DE	131	OUI	94
427	209100		0	NON	60
432	208021	RETARDE DE	361	OUI	88
432	209850		0	NON	17
436	207917	RETARDE DE	367	OUI	85
436	212350		0	NON	16
444	206400	AVANCE DE	250	OUI	85
444	208849	AVANCE DE	201	OUI	107
548	209214		0	NON	71
589	209998		0	NON	44

ANNEXE G

MODIFICATION DE L'HORAIRE DES TRAINS EN PARTANCE LORS DE LA CLASSIFICATION DE HUIT TRAINS

Pour illustrer la stratégie de modifications de l'horaire utilisé par le modèle TRAIN, nous allons examiner comment l'horaire est modifié au fur et à mesure que nous classifions les trains dans l'ordre identifié par notre solution.

Le modèle TRAIN a identifié comme meilleure séquence, la séquence suivante :

j1, j4, j2, j3, j7, j8, j6, j5.

On trouvera, dans le tableau G.1, les moments limites nécessaires pour l'opération de classification que nous utiliserons ici.

Tableau G.1 : Meilleure séquence trouvée par le modèle train

Variables	Description	Séquence							
		j1	j4	j2	j3	j7	j8	j6	j5
HACT	classifier à	1440	1540	1621	1719	1817	1932	1988	2077
THUMP	durée	100	81	98	98	115	56	89	97
HFIN	= HACT+THUMP	1540	1621	1719	1817	1932	1988	2077	2174
HINF	= HFIN+400	1780	1861	1959	2057	2172	2228	2317	2414
HSUP	= HFIN+500	1840	1921	2019	2117	2232	2288	2377	2474

Examinons maintenant comment l'horaire est modifié.

1. Classification du train j1

Nous avons alors :

HACT=1440

x_{j1}^{k1} = 40 wagons pour le train k1

et x_{j1}^{k2} = 60 wagons pour le train k2.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k1 nous avons :

DQW=0 et FQW=DQW+x_{j1}^{k1} = 40

HDEP=1890

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k1.

. pour k2 nous avons :

DQW=40 et FQW=DQW+x_{j1}^{k2} = 100

HDEP=1810

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LMOY) et que (HDEP<HINF), nous changeons l'heure de départ de k2 en posant HDEP=HSUP=1840. Et nous autorisons le départ du train.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF= 1780.

2. classification du train j4

Nous avons alors :

HACT=1540

x_{j4}^{k4} = 50 wagons pour le train k4.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k4 nous avons:

DQW=50 et FQW=DQW+x_{j4}^{k4} = 100

HDEP=2095

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LMOY), nous changeons l'heure de départ de k4 en posant HDEP=HINF=1861. Et nous autorisons le départ du train.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier l'heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=1861.

3. classification du train j2

Nous avons alors :

HACT=1621

x_{j2}^{k1} = 60 wagons pour le train k1

x_{j2}^{k3} = 30 wagons pour le train k3.

et x_{j2}^{k5} = 6 wagons pour le train k5.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k1 nous avons :

DQW=40 et FQW=100

HDEP=1890

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LM0Y) nous posons HDEP=HINF= 1959. Et nous autorisons le départ du train.

. pour k3 nous avons :

DQW=40 et FQW=48

HDEP=1995

Comme (DQW et FQW<LMIN) et que (HDEP< HSUP) nous changeons l'heure de départ de k3 en posant HDEP=HSUP=2019.

. pour k5 nous avons :

DQW=6 et FQW=12

HDEP=2710

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k5.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=1959.

4. classification du train j3

Nous avons alors :

HACT=1719

x_{j3}^{k3} = 80 wagons pour le train k3

et x_{j3}^{k5} = 11 wagons pour le train k5.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k3 nous avons :

DQW=48 et FQW=128

HDEP=2019

Comme (FQW>LMAX), une redistribution des blocs de wagons de j3 est effectuée entre le premier et deuxième départ de k3. Nous obtenons alors :

$x_{j3}^{k3.1}$ = 50 wagons pour le train k3.1

et $x_{j3}^{k3.2}$ = 30 wagons pour le train k3.2.

. pour k3.1 nous avons :

DQW=48 et FQW=98

HDEP=2019

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LMOY) nous changeons l'heure de départ de k3.1 en posant HDEP=HINF=2057. Et nous autorisons le départ du train.

. pour k3.2 nous avons :

DQW=0 et FQW=30

HDEP=2495

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k1.

. pour k5 nous avons :

DQW=12 et FQW=DQW+x_{j3}^{k5} = 23

HDEP=1710

Comme (DQW et FQW < LMIN) (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k5.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=2057.

5. classification du train j7

Nous avons alors :

HACT=1817

x_{j7}^{k2} = 35 wagons pour le train k2

et x_{j7}^{k6} = 80 wagons pour le train k6.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k2 nous avons :

DQW=0 et FQW=DQW+x_{j7}^{k2} = 35

HDEP=2310

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k2.

. pour k6 nous avons :

DQW=2 et FQW=DQW+x_{j7}^{k6} = 82

HDEP=2310

Comme (DQW<LMIN) et (FQW<LMOY) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k6.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=2172.

6. classification du train j8

Nous avons alors :

HACT=1932

x_{j8}^{k6} = 56 wagons pour le train k6

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k6 nous avons :

DQW=82 et FQW=138

HDEP=2310

Comme (FQW>LMAX), une redistribution des blocs de wagons de j8 est effectuée entre le premier et deuxième départ de k6. Nous obtenons alors :

$x_{j8}^{k6.1}$ = 17 wagons pour le train k6.1

et $x_{j8}^{k6.2}$ = 39 wagons pour le train k6.2.

. pour k6.1 nous avons :

DQW=82 et FQW=99

HDEP=2310

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LMOY) nous changeons l'heure de départ de k6.1 en posant HDEP=HINF=2228. Et nous autorisons le départ du train.

. pour k6.2 nous avons :

DQW=0 et FQW=39

HDEP=2510

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k6.2.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=2228.

7. classification du train j6

Nous avons alors :

HACT=1988

x_{j6}^{k2} = 65 wagons pour le train k2

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k2 nous avons :

DQW=35 et FQW=100

HDEP=2310

Comme (DQW<LMIN) et (FQW>LMOY) nous changeons l'heure de départ de k2 en posant HDEP=HINF=2317. Et nous autorisons le départ du train.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=2317.

8. classification du train j5

Nous avons alors :

HACT=2077

x_{j5}^{k1} = 40 wagons pour le train k1

et x_{j1}^{k4} = 51 wagons pour le train k4.

Examinons maintenant chaque train en partance :

. pour k1 nous avons :

DQW=0 et FQW=DQW+x_{j1}^{k1} = 40

HDEP=2790

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k1.

. pour k4 nous avons:

DQW=0 et KB=51

HDEP=2595

Comme (DQW et FQW < LMIN) et que (HDEP>HSUP) nous ne changeons pas l'heure de départ de k4.

. pour les autres départs, il n'est pas nécessaire de modifier leur heure de départ car ils sont prévus pour après HINF=1780.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier tous ceux qui, à un moment ou à l'autre, m'ont apporté leurs soutien et conseils, et qui m'ont permis de réaliser ce mémoire.

En particulier, je tiens à remercier les personnes suivantes :

- Jean-Marc Rousseau, mon directeur de recherche, professeur au département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal et directeur du Centre de recherche sur les transports, pour ses conseils et sa confiance.
- Réjean Lessard du Centre de recherche sur les transports, pour ses conseils sur le travail de programmation nécessaire à cette recherche.
- Lucie Bibeau, pour m'avoir permis d'utiliser dans le programme TRAIN une procédure de tri qu'elle avait écrite, et pour la lecture attentive de mon manuscrit et ses conseils.
- Madeleine Achard, pour son excellent travail de dactylographie et ses suggestions.
- Mon père, pour la correction de la première version de mon mémoire, et toute ma famille pour leurs encouragements.
- Finalement, Louise LeBeau, Marie-France Langlet, Martine Bellaïche et Jacques Guélat, pour l'amitié et le soutien qu'ils m'ont accordés ces dernières années et qui m'ont été essentiels pour garder un bon moral et terminer ce mémoire.

RÉFÉRENCES

ALLEN, M.M. et RENNICKE, W.J., "Terminal Sequencing System", Proceedings of the 18th Annual Meeting, Transportation Research Forum, Vol. XVIII, 414-420, 1977.

ASSAD, A.A., "Models for Railway Transportation", Transportation Research A, Vol. 14A, 205-220, 1980.

Coll., "Rail Terminal Sequencing System : Stage 1 Feasibility Report", Freight Car Utilization Programm, Task Force 2, Association of American Railroads, 1978(a).

Coll., "Rail Terminal Sequencing System : General Design Manual", Freight Car Utilization Programm, Phase Two, Task Force 2, Association of American Railroads, 1978(b).

CRAINIC, T.G., "Un modèle de planification tactique pour le transport ferroviaire des marchandises", thèse de doctorat, département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, publication #247, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, 1982.

HOPPE, C.W. et HART, W.M., "Potential Economies and Improvements in Performance Resulting from Improvements in Railroad Terminal Operations", Federal Railroad Administration, U.S. Department of Transportation, 1977.

KERR, P.A., MARTLAND, C.D., SUSSMAN, J.M. et PHLIP, C.E., "Models for Investigating Train Connection Reliability at Rail Classification Yards", Studies in Railroad Operations and Economics, Vol. 14, Massachusetts Institute of Technology, 1976.

PETERSEN, E.R., "Railyard Modelling : Part I : Prediction of Put-Through Time", Transportation Science, Vol. 11, no 1, 37-49, 1977(a).

PETERSEN, E.R., "Railyard Modelling : Part II : The Effect of Yard Facilities on Congestion", Transportation Science, Vol. 11, no 1, 50-59, 1977(b).

SALMOND, W.J., "Sequencing of Trains in a Railway Hump Yard", mémoire de maîtrise, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, 1970.

SCOTT, L.H., SORRELL, G.G. et MERRICK, M.J., "Rail Terminal Sequencing System", Association of American Railroads, Data Systems Division, Papers and Committee Reports presented at the 1978 Annual Meeting, 297-310, 1978.

SHI, Q., "On the Railway Hump Yard Sequencing Problem", mémoire de maîtrise, Department of Civil Engineering, Waterloo University, 1981.

SHI, Q. et YAGAR, S., "Case Studies Measuring the Benefits of the HSS Hump Sequencing Model", Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 10, 36-47, 1983.

TURNQUIST, M.A. et DASKIN, M.S.' "Queuing Models of Classification and Connection Delay in Railyards", présenté au ORSA/TIMS Joint National Meeting, Houston, Texas, 1981.

YAGAR, S., SACCOMANNO, F.F. et SHI, Q., "An Efficient Sequencing Model for Humping in a Rail Yard", Transportation Research A, Vol. 17A, no 4, 252-262, 1983.